

(19)

Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office Européen des brevets



(11)

EP 0 614 312 B1

(12)

EUROPEAN PATENT SPECIFICATION

(45) Date of publication and mention

of the grant of the patent:

06.05.1999 Bulletin 1999/18

(51) Int Cl. 6: H04N 5/21

(21) Application number: 94103251.8

(22) Date of filing: 04.03.1994

(54) **Noise reduction system using multi-frame motion estimation, outlier rejection and trajectory correction**

Videorauschreduktionsystem unter Verwendung einer Mehrbild-Bewegungsabschätzung,
Unterdrückung von Abweichungen und Bahnkorrektur

Système de réduction de bruit vidéo utilisant l'estimation de mouvement multi-frame, suppression de
déviations et correction de trajectoire

(84) Designated Contracting States:
DE FR GB NL

(30) Priority: 05.03.1993 US 26977

(43) Date of publication of application:
07.09.1994 Bulletin 1994/36

(73) Proprietor: MATSUSHITA ELECTRIC INDUSTRIAL
CO., LTD.
Kadoma-shi, Osaka 571-8501 (JP)

(72) Inventor: Iu, Siu-Leong
Bensalem, PA 19020 (US)

(74) Representative: Schwabe - Sandmair - Marx
Stuntzstrasse 16
81677 München (DE)

(56) References cited:

EP-A- 0 181 215 GB-A- 2 091 970
US-A- 4 682 230 US-A- 4 838 685
US-A- 5 068 722

• INTERNATIONAL CONFERENCE ON
ACOUSTICS, SPEECH, AND SIGNAL
PROCESSING, vol.3, 26 March 1992, SAN
FRANCISCO (US) pages 461 - 464 JILL M. BOYCE
'NOISE REDUCTION OF IMAGE SEQUENCE
USING ADAPTIVE MOTION COMPENSATED
FRAME AVERAGING'

EP 0 614 312 B1

Note: Within nine months from the publication of the mention of the grant of the European patent, any person may give notice to the European Patent Office of opposition to the European patent granted. Notice of opposition shall be filed in a written reasoned statement. It shall not be deemed to have been filed until the opposition fee has been paid. (Art. 99(1) European Patent Convention).

Description

FIELD OF THE INVENTION

5 [0001] The present invention relates to noise reduction in general and specifically to the reduction of noise in video signals. In particular, a method and apparatus are disclosed for reducing noise in a video signal by averaging video information over several frame intervals using multi-frame motion estimation with pixel based trajectory correction.

BACKGROUND OF THE INVENTION

10 [0002] Noise reduction (NR) in image sequences can improve both image quality and performance of subsequent video coding. This is so because noise in image sequences adds spurious uncorrelated image components which are visually offensive and which may reduce the effectiveness of any compression scheme which relies on image correlations from frame to frame.

15 [0003] As set forth in a book by J.S. Lim, entitled Two Dimensional Signal and Image Processing, Prentice Hall, 1990, pages 568 et seq., the simplest method for performing temporal filtering is through frame averaging. Frame averaging is very effective in processing a sequence of image frames which are contaminated by random noise but in which there is not much change in image information from frame to frame.

20 [0004] As is well known in the art, there are many different ways of performing frame averaging. Although frame averaging may be very simple and effective, precise signal registration from frame to frame is essential for success. In practical applications such as motion pictures and television, the image may change from frame to frame. Parts of the image may move by translation or rotation, by changing in size or by combinations of the above. In some prior-art systems, frame averaging was only applied to still areas of an image, that is to say, those areas which did not exhibit motion from frame to frame. Other prior-art systems attempted to estimate the movement of in image from one frame 25 to the next and to compensate for this motion in applying frame averaging. In order to perform this motion-compensated image restoration, the image frames are averaged along approximate motion trajectories.

30 [0005] In an article by J.M. Boyce entitled "Noise Reduction of Image Sequences Using Adaptive Motion Compensated Frame Averaging", IEEE ICASSP-92, pages III-461 through III-464, a scheme is proposed to noise reduce image sequences by adaptively switching between simple (non-displaced) frame averaging and motion-compensated frame averaging on a block by block basis. In particular, a method is disclosed to adaptively switch between a displaced frame averaging method (i.e., motion-compensated frame averaging) and a non-displaced averaging (simple frame averaging) based on the relative differences between two blocks which differences are attributable to noise and to motion, respectively. The displaced frame averaging is applied to blocks which contain moving objects and displacement does not take place on blocks for which interframe differences are due only to noise.

35 [0006] An alternative way of accomplishing noise reduction is disclosed by an article by T.J. Dennis entitled, "Non-linear Temporal Filter For Television Picture Noise Reduction", IEEE Proceedings, Vol. 127, Pt. G, No. 2, April 1980, pages 52 et seq. Specifically, a conventional recursive interframe low pass filter for a 625 line 5.5 MHz monochrome television is modified so that any attenuation of frame differences is instantaneously dependent on their amplitude. Thus, the filter will attenuate large area spatial interference, such as streaking, provided it does not contain zero frequency or frame frequency components. Using this method, however, some spatial degradation may occur in areas 40 of the image which contain motion.

45 [0007] A further technique to accomplish noise reduction is disclosed by an article by E. Dubois et al. entitled, "Noise Reduction in Image Sequences Using Motion-Compensated Temporal Filtering," IEEE Transactions on Communications, Vol. COM-32, No. 7, July 1984, pages 826 et seq. In particular, the nonlinear recursive filtering approach is extended by the application of motion-compensation techniques. Furthermore, a specific noise reducer for use with NTSC composite television signals is disclosed. Unlike prior low order non-recursive filters, the nonlinear recursive filtering approach described by Dubois is able to reduce noise to a greater extent than prior art noise reduction systems. However, there are still practical limitations on the ability of the circuit to effectively reduce various types of noise.

50 [0008] US 4,838,685 discloses a method and an apparatus for motion estimation in motion picture processing, wherein an initial velocity vector is selected as an estimation of the displacement of a region from a location in a first frame to a corresponding location in a second frame and the velocity estimate is then refined by minimizing an average value of the squared directional gradient residual over the region. A continuous signal representation is obtained from a set of image intensity samples over the region of interest and, from this continuous representation, directional gradients are computed and an average squared directional gradient residual is minimized by eigenvalue/eigenvector decomposition to obtain the velocity field estimate.

SUMMARY OF THE INVENTION

[0009] The invention is as set out in the claims including independent apparatus claim 1 and independent method claim 10.

5 [0010] The present invention relates to a method and apparatus for estimating the magnitude and direction of inter-frame motion in a sequence of image frames. Using this method, a trajectory vector is first calculated for a block of pixels by matching the block in each of a plurality of preceding and succeeding frames and then using a robust estimator, such as a least-trimmed squares fitting procedure to obtain the trajectory vector.

10 [0011] According to another aspect of the invention, the motion vectors are used to reduce noise in the video signal. Using the estimated trajectory vector, a trajectory corrector generates a revised trajectory for individual pixels in the block from frame to frame across the plurality of video frames. An image averager then averages each of a plurality of pixels corresponding to the motion block along the revised trajectory. In this manner, an averaged video frame is produced.

15 [0012] According to an embodiment of the invention, a breakdown detector inhibits replacement of a motion block with an averaged video frame by applying a mathematical function to each of the pixel values included in the averaged video frame to determine whether the noise reduction was effective. The averaged pixels values are discarded if the noise reduction is determined to be ineffective.

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

20 [0013] Figure 1 is a block diagram which illustrates the operation of a video image compression system implemented according to the motion picture experts group (MPEG) compression method in conjunction with the present invention.

[0014] Figure 2 is a functional block diagram of a noise reduction system in accordance with the present invention.

25 [0015] Figure 3 is a diagram which illustrates the trajectory of a motion block along a plurality of frames.

[0016] Figure 4 is a block diagram of a block-based motion estimator suitable for use with the system shown in Figure 1.

[0017] Figure 5 is a block diagram of a trimmed square calculator suitable for use with the block-based motion estimator shown in Figure 4.

30 [0018] Figure 6 is a block diagram of a sum of squared error calculator suitable for use with the trimmed square calculator shown in Figure 5.

[0019] Figure 7a is a block diagram of a pixel-based trajectory correction system, for frames to be displayed after the current frame, which is suitable for use with the system shown in Figure 2.

[0020] Figure 7b is a block diagram of a pixel-based trajectory correction system, for frames to be displayed before the current frame, which is suitable for use with the system shown in Figure 2.

35 [0021] Figure 8 is a block diagram of a trajectory corrector suitable for use with the pixel-based trajectory correction systems shown in Figures 7a and 7b.

[0022] Figure 9 is a diagram of a block of pixels which is useful for describing the operation of the pixel-based motion block trajectory correction system shown in Figures 7a and 7b.

[0023] Figure 10 is a graph of pixel position versus frame number which is useful for describing the operation of the pixel-based motion block trajectory correction system shown in Figures 7a and 7b.

40 [0024] Figure 11 is a block diagram of a sum of weighted squared error calculator which is suitable for use with the trajectory corrector shown in Figure 8.

[0025] Figure 12 is a graph of pixel position versus frame number which illustrates motion block trajectory correction with outlier rejection in accordance with an exemplary embodiment of the present invention.

45 [0026] Figure 13 is a block diagram which illustrates outlier rejection apparatus suitable for use in the system shown in Figure 2.

[0027] Figure 14 is a block diagram of circuitry for obtaining noise reduced images along a trajectory which is suitable for use with the system shown in Figure 2.

50 [0028] Figure 15 is a block diagram of circuitry for performing breakdown detection which is suitable for use with the system shown in Figure 2.

[0029] Figure 16 is a block diagram of a squared difference calculator which is suitable for use in the breakdown detection circuitry shown in Figure 15.

55 [0030] Figure 17 is a block diagram which illustrates a median square difference calculator suitable for use in the breakdown detection circuitry shown in Figure 15.

DETAILED DESCRIPTION

[0031] Figure 1 illustrates a noise reduction system, in accordance with the present invention, which is used in con-

junction with an MPEG video signal encoding system. In this configuration, the noise reduction system 100 receives and processes an input signal which is then transmitted to the MPEG encoding system 102. The MPEG encoding system 102 is of the type described, for example, in two papers by A. Puri et al. entitled, "On Comparing Motion-Interpolations Structures for Video Coding", Spie vol. 1360, Visual Communications and Image Processing, 1990, page 1560-1569 and "Video Coding With Motion-Compensated Interpolation for CD-ROM Applications", Signal Processing: Image Communication II, (1990) pages 127-144.

[0032] As described in these papers, the MPEG data compression system uses both intra-frame and inter-frame encoding techniques. The inter-frame encoding is motion compensated. That is to say, it follows block motion between frames to take advantage of temporal redundancy as it encodes successive image frames. In a conventional MPEG encoder, block motion is represented by motion vectors which are determined in the encoder.

[0033] The present invention also generates motion vectors, MV and CMV, as a part of its encoding operation. As described below, these motion vectors may be provided to the MPEG encoder to aid in encoding the noise-reduced image.

[0034] An exemplary embodiment of the noise reduction system 100 is illustrated by the block diagram shown in Figure 2. The input signal to this noise reduction system is the current frame (k) and two sets of L neighboring frames, namely the L frames which are to be displayed before the current frame and L frames which are to be displayed after the current frame (i.e. k-L, k-(L-1), ..., k-1, k, k+1, ..., k+(L-1), k+L, for a total of 2L + 1 frames).

[0035] In the exemplary embodiment of the invention, the frames are stored in respective frame memories (shown collectively as a memory 15) and are applied to the block based motion estimator 20, the pixel-based trajectory correction circuitry 30, the circuitry 50 which obtains the noise reduced image along the corrected trajectory and the image smoothness calculator 70. Motion estimator 20 is provided with successive blocks of, for example, five-by-five pixels within the current frame (k) which are to be used as motion blocks. The processing steps described below are for one motion block. These steps are repeated for each motion block in frame k and then the frame position of each of the 2L+1 frames advances such that frame k becomes frame k+1 and frame k-1 becomes frame k.

[0036] Although the identified motion block may appear in at least some of the frames which neighbor the current frame (k), the identified motion block may not always appear at the same coordinate position in each frame. Thus, motion estimator 20 determines a motion vector, MV, for the identified motion block. This motion vector indicates an estimated speed and trajectory of a motion block across a succession of video frames. The motion vector may be defined by a linear function, or any of a number of non-linear functions, of distance along the X, Y axes from frame to frame. In the exemplary embodiment of the invention, a linear motion vector is used. This type of motion-vector gives a relatively good estimate for image components which move by translation and with a fixed velocity. As shown in Figure 2, this motion vector may be provided by the motion estimator 20 to the MPEG encoder 102.

[0037] Each motion vector is then passed to pixel-based trajectory corrector 30. Trajectory corrector 30 determines a revised trajectory, CMV, from frame to frame for the pixels in the motion block. This revised trajectory is expressed as a plurality of displacements from the original motion vector. This plurality of corrected displacements is generated by performing a localized search about the position of the trajectory-corrected motion block between each pair of successive video frames. The pixel based correction produces motion estimates which are more accurate than the exemplary linear motion vector when objects exhibit non-linear motion, acceleration, or non-translational motion such as rotation. The corrected displacements, CMV, generated by the pixel-based trajectory corrector may be provided to the MPEG encoder for use in determining inter-frame motion vectors as shown in Figure 1.

[0038] The corrected displacements are applied to an outlier rejector 40. Outlier rejector 40 computes a weighted sum of trimmed square value for each pixel in the motion block. A function of each weighted trimmed square value is compared to a threshold to determine if a noise reduced value for the pixel should be calculated and used in a noise reduced video frame. This system element compensates for frames in the image sequence in which the block may be temporarily masked. For example, where the image block represents a bird and, in the image sequence, a tree branch temporarily blocks the bird.

[0039] For each pixel which is identified as being suitable for use in a noise reduced video frame, a corresponding velocity vector is transmitted to noise reduced pixel calculator 50. Calculator 50 obtains a plurality of addresses corresponding to pixels in the motion block along the plurality of corrected displacements. The calculator then accesses the appropriate pixels from the appropriate frames to produce an averaged pixel value for the current frame.

[0040] The averaged pixel value is then received by noise reduction breakdown detector 60. Breakdown detector 60 inhibits replacement of pixels in the current frame (k) with the calculated noise-reduced pixel if the difference between the noise-reduced pixel value and the pixel value that it is to replace is greater, by a threshold factor, than the median-difference in the motion block. If this condition is detected, it is assumed to indicate that the trajectory estimation and correction improperly recognized correlated noise in the image and not valid image information.

[0041] As described above, two threshold values, Tc and Tb are used in the present invention. Tc is used to determine whether individual frames should be omitted from the calculation of corrected displacements by block 40 and the threshold value; Td is used to determine whether the noise reduced pixel value should replace the original pixel value.

These threshold values are provided by circuitry 80 which continually adjusts the threshold values based on the output signal provided by an image smoothness calculator 70.

[0042] In the exemplary embodiment of the invention, the calculator 70 monitors blocks of pixels and adjusts the threshold values T_c and T_d based on the spatial frequency content of the blocks of image pixels. This measurement is commonly referred to as AC energy. In the exemplary embodiment of the invention, the values of the thresholds T_c and T_d are inversely proportional to the roughness of the image. For smooth images, that is to say those exhibiting relatively little variation from pixel to pixel, the values of T_c and T_d are relatively large. For rough images, exhibiting more variation, the values of T_c and T_d are relatively small.

[0043] Figure 4 is a block diagram of an exemplary block-based motion estimator 20. As shown in Figure 4, a motion block converter 22 is coupled to extract the current motion block of pixels from the current frame k . Motion block converter 22 divides frame k into a plurality of distinct blocks, each of which is successively selected as the current motion block. The pixel values of the current motion block are then transmitted, along with the coordinate location of the current motion block in the current frame and a set of respectively different trial velocity vectors v_1 through v_m , to a plurality of blocks 24a through 24z which perform a robust estimation function. In the exemplary embodiment of the invention, these trimmed squared error calculators 24a through 24z. It is contemplated that any one of a number of robust estimators, such as median error calculators, could replace the trimmed square error calculators.

[0044] The block based motion estimator shown in Figure 4 selects the one of these trial velocity vector which produces the smallest trimmed square error as the estimated trajectory vector.

[0045] The trial velocity vectors v_1 through v_m may be generated, for example, by a read-only memory (not shown) which provides a set of inter-frame displacements that map each pixel in the motion block into a set of corresponding pixel or inter-pixel positions in the frames along the velocity vector. In the exemplary embodiment of the invention, the set of pixel positions for all of the velocity vectors in all of the frames defines a roughly conical search region for the velocity vector that best conforms to the path of the motion block through the other frames.

[0046] An exemplary trimmed square error calculator suitable for use as one of the calculators 24a through 24z is shown in Figure 5. As illustrated in Figure 5, the trimmed squared error calculator includes a plurality of sum of squared error calculators 200a through 200z each of which receives the pixel values for the current motion block and the assigned trial velocity vector.

[0047] As described below, each of the calculators 200a through 200z is coupled to a respectively different one of the $2L$ frame memories (not shown) which hold the frames of video information to be used to produce the noise-reduced data for the current frame. As described below with reference to Figure 6, each calculator provides address values to its respective frame memory and receives, from the frame memory, data values which are stored at the addressed locations. Each sum of squared error calculator 200 determines which pixels to get from its associated frame memory based upon how many pixel positions the target block is displaced from the current motion block along the velocity vector.

[0048] This pixel displacement is based on the received velocity vector and the distance between the current frame (k) and the target frame (l) associated with the particular sum of squared error calculator 200. In the exemplary embodiment of the invention, this pixel displacement is calculated by multiplying the velocity vector by a quantity equal to the difference between the frame numbers of the current and target frames.

[0049] The sum of squared error values for a block of pixel values in a frame l along the trajectory defined by the applied velocity vector can also be expressed in accordance with equation (1):

$$45 \quad SSE_1 = \sum_{(i,j) \in M} [I_k(p_{ij}(k)) - I_l(p_{ij}(l))]^2 \quad (1)$$

where $I_l(p_{ij})$ is the intensity of the frame l at pixel position p_{ij} . M is the set of pixel positions in the motion block, $p_{ij}(l)$ is a pixel position in frame l taken along the velocity vector v , relative to the corresponding pixel value $p_{ij}(k)$ from the current frame k , according to the equation (2).

$$55 \quad p_{ij}(l) = p_{ij}(k) + v * (l - k) \quad (2)$$

[0050] Each of the sum of square error calculators 200a through 200z calculates an SSE value for its associated frame memory based on the velocity vector v .

[0051] Figure 6 is a block diagram of an exemplary circuit which implements equation (1) and, so, is suitable for use

as one of the sum of square error calculators 200a through 200z, shown in Figure 5. As shown in Figure 6, the velocity v and frame number (1) of the target frame buffer are received by trajectory calculator 204. Trajectory calculator 204 determines a pixel displacement relative to the current motion block using equation (2). This displacement is applied to motion block converter 202 which uses it, and the location of the current motion block in the current frame (k), to determine the location of an appropriate block of pixels in the frame l along the velocity vector v.

[0052] Motion block converter 202 combines the pixel displacement with the current motion block number to obtain a final address. This address is used to fetch the target block of pixel data values from the frame buffer l. The individual pixel values in this target block are subtracted from the corresponding pixel values in the current motion block using a subtracter 206. Thus, the output values produced by the subtracter 206 are a block of pixel differences or pixel error values. This block of difference values is applied to sum of squared calculator 208. Sum of squared calculator 208 produces the sum of square error value SSE by squaring each of the difference values in the block and then summing the results.

[0053] Referring to Figure 5, the 2L+1 SSE values provided by the calculators 200a through 200z are sorted into ascending order, from smallest to largest, by a sorting unit 260. A summing circuit 270 then sums the L smallest values to generate the trimmed square error value for the velocity vector vn. Referring to Figure 4, each of the trimmed squared error calculators 24a through 24z applies the calculated trimmed squared error value for its respective assigned velocity vector v1 through vm to a circuit 28 which selects the minimum trimmed squared error value to pass as the estimated motion vector v'. The vector v' may also be provided to the MPEG encoder 102 (shown in Figure 1) as the motion vector MV.

[0054] Referring to Figure 2, the estimated motion vector v' which is generated by block-based motion estimator 20 is received by pixel-based trajectory corrector 30. The trajectory corrector 30 is also coupled to the memory 15 which contains the current frame memory k and the 2L neighboring frame memories.

[0055] The operation of the pixel-based trajectory correction circuitry 30 is illustrated with reference to Figures 7a and 7b. As shown in these Figures, pixel-based trajectory corrector 30 includes a plurality of forward trajectory correctors 32a through 32z and a plurality of backward trajectory correctors 34a through 34z. All of the trajectory correctors 32a through 32z and 34a through 34z receive, as an input signal, an indication of the position of the current motion block in the current frame (k). Trajectory corrector 32a receives, at its input terminal δs_n , the estimated motion vector v' produced by block based motion estimator 20. Each trajectory corrector 32b-32z receives, from the previous trajectory corrector, a corrected motion vector at its δs_n terminal. Furthermore, each trajectory corrector is coupled to a respective one of the frame buffers which hold image data that is to be displayed after the current frame (i.e. frame buffers k + 1 through k + L).

[0056] The trajectory correctors 34a through 34z are similar to the trajectory correctors 32a through 32z. However, trajectory correctors 34a through 34z are coupled to the frame buffers which hold image data that is displayed prior in time to the current frame (i.e. frame buffers k - 1 through k - L). In addition trajectory corrector 34a receives, at its input terminal δs_n , the negative of estimated motion vector v' produced by block based motion estimator 20.

[0057] As described below, each of the trajectory correctors 32a through 32z and 34a through 34z produces a weighted sum of squares error (WSSE) value which is used by the outlier rejection circuitry, as described below with reference to Figure 13.

[0058] A trajectory corrector suitable for use as one of the trajectory correctors 32 or 34 is shown in Figure 8. In this Figure, a motion block converter 302 is coupled to the current frame buffer to extract a current block of pixels which will be used to determine the corrected trajectory.

[0059] Referring to Figures 8 and 2, the current block used by the trajectory correctors 32 may be different from the current block used by the motion block estimator 20. When these blocks are different, the process shown in Figure 2 may be implemented as a pipeline process. When the motion block used by the trajectory correction circuitry 30 is different from that used by the motion estimation circuitry 20, the trajectory correction circuitry 30 also obtains the estimated motion vector for the current block from the current frame buffer.

[0060] The pixel values for the current motion block are provided by the motion block converter 302 to a plurality of sum of weighted squared error calculators 304a through 304z. In addition, each sum of weighted squared error calculator 304a through 304z receives a respective trial corrected motion vector. Each of these trial corrected motion vectors is formed by adding a respectively different displacement, (δs_i), to the motion vector that was applied to the δs_n input terminal of the trajectory corrector.

[0061] The different displacement values $\{(\delta s_i) | i = 1 \text{ to } m\}$ may be provided, for example by a read only memory (not shown). In the exemplary embodiment of the invention, these displacement values define a search region in the next successive frame that is used to find the pixels, including interpolated pixels, which most closely match the corresponding pixels in the current frame as determined by the weighted squared error calculator.

[0062] Each sum of weighted squared error calculator 304a through 304z uses this information to extract a block of pixels from its associated frame memory as indicated by Figures 7a and 7b. Each of the calculators 304a through 304z then performs a sum of weighted squared error calculation on the two blocks of pixel data in accordance with equation 3:

$$WSSE(p_{i,j}(k)) = \sum_{(m,n) \in W} w_{m,n} [I_k(p_{i+m,j+n}(k)) - I_1(p_{i+m,j+n}(1))]^2 \quad (3)$$

5

where $p_{i,j}$ is a pixel address at coordinates $x=i$ and $y=j$; W is a window of N by M pixel positions to be searched in the target frame; I ; n and m are the respective pixel positions in the N and M directions in the window; $w_{m,n}$ is a weighting factor to be applied at the window position m,n ; $I(p_{i,j})$ is the intensity of the image at pixel position $p_{i,j}$ and k is the frame number of the current frame.

[0063] Figure 11 is a block diagram of an exemplary sum of weighted squared error calculator 304 which calculates the WSSE according to equation (3). As shown in Figure 11, the current displacement vector, δs_n , is received by trajectory calculator 312. Trajectory calculator 312 uses this displacement vector to determine a corresponding pixel address in the frame buffer I (not shown) to which the sum of weighted squared error calculator 304 is coupled. This pixel address is provided, in turn, to the motion block converter 310. Motion block converter 310 accesses the frame buffer I with this address value to obtain a block of pixel data values. This block of pixel values represents a possible corrected trajectory for the motion vector that was applied to the input terminal of the trajectory corrector 32 or 34.

[0064] The pixel values provided by the block converter 310 are subtracted from the pixel values of the current block by subtracter 316. The resulting block of pixel difference values is provided to a sum of weighted squared error calculator 314. The sum of weighted squared error calculator 314 is also coupled to receive weighting values which may, for example, be provided from a read only memory (ROM) (not shown). The weighting values apply different weights to pixels in the compared blocks based on the relative distance of the pixels from the center pixel in the block. An exemplary block of pixel weighting values is shown in Figure 9.

[0065] Referring to Figure 8, the sum of weighted squared error signals which are produced (as illustrated by Figure 11) by all of the sum of weighted squared error calculators 304a through 304z are applied to a selection element 306. Element 306 determines which of the trial corrected trajectories has the smallest value. The output signal of the selection element 306 is a value indicating which of the trial corrected trajectories produced this minimum value.

[0066] This value is applied to element 308 which is also coupled to receive the uncorrected trajectory value, δs_n . Element 308 modifies the trajectory δs_n to be a value $\delta s_n'$, the same corrected trajectory as was used to produce the minimum error value. This value is provided as the corrected trajectory to the trajectory corrector for the $l+1$ th frame buffer. The corrected trajectory value $\delta s_n'$ may also be provided to the MPEG encoder 102 (shown in Figure 1) as the corrected motion vector CMV. The signal CMV would be used by the encoder 102 to determine a motion vector to be used to encode a block centered about the pixel position for which the CMV signal was calculated.

[0067] As shown in Figure 2, each of the corrected trajectories is transmitted from pixel-based trajectory correction circuit 30 to outlier rejection circuit 40. Exemplary outlier rejection circuitry 40 is shown in Figure 13.

[0068] As shown in Figure 13, the corrected trajectory which is generated by element 306 of pixel-based trajectory correction 30 is received by arithmetic element 44 of outlier rejector circuit 40. In addition, a weighted trimmed squared calculator 42 receives pixel values which define the current motion block, the $2L$ displacements ($\delta s_n'$) produced by the pixel-based trajectory correction circuit 30, and the pixel values defined by these corrected trajectories for the $2L$ neighboring frames. This information is used by weighted trimmed squared calculator 42 to compute a weighted trimmed squared value, WTS, for the pixel according to equation (4).

45

$$WTS = \sum_{i=1}^L (WSSE)_{1:2L} \quad (4)$$

50 where $(WSSE)_{1:2L} \leq (WSSE)_{2:2L} \leq \dots \leq (WSSE)_{2L:2L}$. In this equation WSSE is the weighted sum of squares error calculated according to equation (3). This may be done by separate circuitry similar to that shown in Figure 5 except that WSSE calculators replace the SSE calculators 200a through 200z. Alternatively, the WSSE values calculated by the individual trajectory correction circuits 32 and 34 may be applied to an alternative circuit (e.g. sorter 260 of Figure 5) which orders the WSSE values according to their magnitude and then to a circuit (e.g. adder 270 of Figure 5) which sums the L smallest values.

[0069] Referring to Figure 13, the value WTS is then received by element 44. Element 44 compares the weighted trimmed squared received from element 42 and the corrected trajectory (the weighted sum of squared error of the l -th trajectory $WSSE_l$) to calculate a function value F_l according to equation (5):

$$5 \quad F_1 = \begin{cases} 0 & \text{IF } \frac{\text{WSSE}_1}{\text{WTS/L}} > T_c \\ 1 & \text{Otherwise} \end{cases} \quad (5)$$

10 In the above equation, T_c is the rejection threshold for pixel trajectory correction. F_1 has a value of either 0 or 1 depending upon whether the function is greater than or less than the threshold value, T_c , respectively. As described in more detail below, if the ratio of the WSSE value, for the pixel in the l th frame, to the average weighted trimmed square error for matching pixels in the other $2L$ frames value is greater than the threshold value T_c , the "matching" pixel from frame l is ignored when the noise-reduced pixel value is calculated.

15 [0070] As described above, element 50 of Figure 2 uses the F_1 values generated by element 44 in order to produce a noise reduced image. This is accomplished, for example, using a circuit such as that illustrated by the exemplary block diagram shown in Figure 14.

[0071] For a given pixel in the current frame, if several pixel values from other frames, which pixel values are taken according to the corrected trajectory vectors, have been accepted after being processed by the outlier rejector 40 (i.e. $F_1 = 1$), then noise reduction is accomplished by averaging just these accepted pixel values along the trajectory as set forth in equation (6):

$$25 \quad I_k(p_{ij}(k)) = \frac{1}{(|K_{ij}|+1)} [I_k(p_{ij}(k)) + \sum_{K_{ij}} I_k(p_{ij}(l))] \quad (6)$$

50 Where $K_{ij} \subseteq K$ is the set of accepted frames for pixel $p_{ij}(k)$ and $|K_{ij}|$ is the number of members of the set K_{ij} .
 [0072] Specifically, as shown in Figure 14, items 52a through 52z each provide a pixel value for a particular position p_{ij} within a particular frame. Thus, each item 52a through 52z receives a particular frame number and a particular position within that frame. Depending on the results of outlier rejector 40 (i.e. whether a zero or a one is generated for the variable F_1), some of the intensities, $I(p_{ij})$, obtained by items 52a through 52z are added together by adder 58. Thus, if the outlier rejector determines that the threshold T_c has not been exceeded, a unity value for F_1 is applied as the input to multipliers 56a through 56z. Conversely, if outlier rejector 40 determines that the threshold has been exceeded, then a zero value for F_1 is applied to the input of multipliers 56a through 56z. Thus, if a value of unity has been generated by element 44, the intensity of that pixel is received by adder 58. Adder 54 sums the F_1 's to produce a value equal to the total number of pixels along the corrected trajectory which were not identified as outliers. This value is used as the denominator input to divider 59. By also applying the output of adder 58 as the numerator input to divider 59, a final pixel value is obtained. This noise reduced pixel value is received by breakdown detector 60.

[0073] Figure 15 is a block diagram of an exemplary breakdown detector 60. As shown by Figure 15, the pixel values which are generated by element 50 and the pixel values from the original (not noise reduced) frame are received by squared difference calculator 66. An exemplary squared difference calculator is shown in Figure 16.

[0074] In Figure 16, the difference between the original pixel value and the noise reduced pixel value is determined by an adder 67. The output of adder 67 is then squared by square function 68. Referring again to Figure 15, the output value provided by square function 68, the value sd , is applied to arithmetic unit 64. Furthermore, as shown in Figure 15, a value M , provided by a median of squared difference calculator 62, is also applied to the arithmetic unit 64.

[0075] An exemplary circuit suitable for use as the median of squared difference calculator 62 is shown in Figure 17. In Figure 17, a set of squared difference calculators 63a through 63z each receive a respective pixel of the original frame along with the corresponding pixel from the noise reduced frame. These squared difference calculators 63a through 63z operate identically to the squared difference calculator 66 shown in Figure 15. The output value produced by each of the squared difference calculators 63a through 63z is received by median calculator 65. Median calculator 65 determines the median M of all of the squared difference values provided by the squared difference calculators 63a through 63z. While this is shown as a parallel operation with all pixel positions in the image concurrently being compared, it is contemplated that the operation may be performed serially or with a reduced level of parallelism.

[0076] Next, as shown in Figure 15, the output value, sd , of the squared difference calculator 66 is divided by the output value M provided by the median of square difference calculator 62. If the result of this division is less than or equal to a breakdown threshold value, T_b , then the noise reduced pixel value is used as the final pixel value. Otherwise,

the original pixel value is used as the final pixel value. The breakdown detection set forth above can be summarized by inequality (7) as follows:

$$5 \quad \frac{[I_k(p_{ij}(k)) - I'_k(p_{ij}(k))]^2}{\text{median}_{\{m,n\} \in N} \{ [I_k(p_{mn}(k)) - I'_k(p_{mn}(k))] \}^2} \leq T_b \quad (7)$$

10

where p_{ij} is the pixel position being tested in the current frame k and where N is the set of all pixels in frame k .

[0077] Following this inequality, for a given pixel position, if the difference between the original pixel and the noise-reduced pixel is related to the median difference between all such pixels in the frame as the threshold value T_b or less, then the processed pixel is a noise-reduced pixel. Otherwise, if an artifact caused, for example, by correlated noise in the image and should be ignored to keep from emphasizing the noise relative to the image.

[0078] By processing multiple frames of video information in the manner set forth above, noise may be substantially reduced even in images having large components in motion without sacrificing image resolution.

[0079] While the invention has been described in terms of an exemplary embodiment, it is contemplated that it may be practiced as outlined above with modifications within the scope of the appended claims.

20

Claims

25 1. Apparatus for reducing noise in a video signal which includes a plurality $2L+1$ of video frames, wherein L is an integer greater than zero, the apparatus comprising:

30 motion estimator means (20) for identifying a motion block in one of said plurality of video frames and for determining a single approximate motion vector (MV) for the motion block across all of the plurality of video frames, wherein the motion vector (MV) indicates an approximate trajectory of the motion block across the plurality of video frames;

35 trajectory correction means (30) for receiving the approximate motion vector (MV) from the motion estimator means (20) and for determining a revised trajectory (CMV) for the motion block across the plurality of video frames by determining a difference in position of respective components of the motion block between each pair of the plurality of video frames relative to respective positions indicated by the approximate motion vector (MV); and

image averaging means (50) for obtaining a plurality of the components of the motion block along the revised trajectory (CMV) and for calculating a single averaged component from the plurality of components.

40 2. Apparatus according to claim 1, further comprising breakdown detection means (60) for replacing one of the components of the motion block with the averaged component if a ratio defined by a) an arithmetic difference between the one component and the averaged component and b) the median of the arithmetic differences between each component of the one video frame and its corresponding averaged component, is less than a threshold value.

45 3. Apparatus according to claim 2, further including:

means for processing image pixel values in the one video frame to determine a spatial frequency spectrum for the video frame;

50 means for decreasing the predetermined threshold value in response to increasing levels of relatively high spatial frequency components in the spatial frequency spectrum of the video frame.

4. Apparatus according to one of the preceding claims, wherein the motion estimator means (20) includes:

55 means for generating a respective noise tolerant estimation error value for each of a plurality of trial velocity vectors; and

means for selecting, as the approximate motion vector (MV), one of said plurality of trial velocity vectors which has estimated error value that is less than the estimated error value of any other one of the plurality of trial velocity vectors.

5. Apparatus according to one of the preceding claims, wherein the trajectory correction means (30) includes:

means for modifying the approximate motion vector (MV) with a plurality of trial displacements to produce a
respective plurality of modified motion vectors;

5 means for generating a plurality of error values for one component of the motion block, the plurality of error
values corresponding, respectively, to the plurality of trial displacements;

means for selecting, as the revised trajectory, one of the plurality of trial displacements which has the corre-
sponding error value that is less than any other one of the plurality of error values.

10 6. Apparatus according to claim 5, wherein:

the motion block is a matrix of image pixel values and the one component is one of the image pixel values
located at the center of the matrix; and

15 the means for generating a plurality of error values includes:

means for selecting a further matrix of pixel values from another one of the plurality of frames which is different
from the one frame that includes the motion block, which further matrix corresponds to the motion block pro-
jected to the other frame along one of the plurality of modified motion vectors;

20 means for generating a matrix of difference values, each value representing a respective difference between
one of the pixel values in the matrix and the corresponding pixel value in the further matrix;

means for assigning a first weighting factor to the difference value at the center of the difference matrix and
for assigning a second weighting factor, less than the first weighting factor, to the other difference values in
the difference matrix; and

25 means for summing the difference values as modified by their assigned weighting factors to produce an error
value for the further matrix of pixel values; and

the image averaging means (50) includes means for calculating an average of pixel values along the revised
trajectory with the one pixel value to produce an average pixel value.

7. Apparatus according to claim 6, wherein the image averaging means includes outlier rejection means for rejecting,
30 from the calculated average pixel value, pixel values along the revised trajectory which have error values that
differ, by more than a predetermined threshold value, from an expected error between pixel values along the
revised trajectory.

8. Apparatus according to claim 7, further including:

35 means for processing image pixel values in the one video frame to determine a spatial frequency spectrum
for the video frame;

means for decreasing the predetermined threshold value in response to increasing levels of relatively high
spatial frequency components in the spatial frequency spectrum of the video frame.

40 9. Apparatus according to claim 8, wherein the image averaging means (50) includes means for calculating the ex-
pected error value as the average of N selected error values corresponding to the pixels along the revised trajectory,
where there are a total of M pixel values along the trajectory, M and N being integers and M being greater than N,
and where each of the N error values is less than any of the error values which are not selected.

45 10. A method of reducing noise in a video signal which includes a plurality $2L+1$ of video frames where L is an integer
greater than zero, the method comprising the steps of:

50 identifying a motion block, having a plurality of component parts, in one of said plurality of video frames;
determining a single approximate motion vector (MV) for the motion block across all of the plurality of video
frames, wherein the motion vector (MV) indicates an approximate trajectory of the motion block across the
plurality of video frames;

55 determining a difference in position of respective components of the motion block between each pair of the
plurality of video frames relative to respective positions indicated by the approximate motion vector (MV), to
produce a revised trajectory (CMV) for the motion block across the plurality of video frames; and

averaging a plurality of the components of the motion block along the revised trajectory (CMV) to produce a
single averaged component from the plurality of components.

11. A method according to claim 10, wherein the step of determining a single approximate motion vector (MV) for the

motion block across all of the plurality of video frames includes the steps of:

- a) defining a plurality of trial velocity vectors ($v_1 - v_m$);
- b) selecting one velocity vector from the plurality of velocity vectors ($v_1 - v_m$);
- c) obtaining respective blocks of pixel values, corresponding to the motion block as indicated by the selected velocity vector;
- d) generating a noise tolerant estimated error value representing an average error among a subset of the obtained blocks and the motion block and associating the noise tolerant estimated error value with the selected velocity vector;
- e) repeating steps b) through d) until a noise tolerant estimated error value has been associated with each of the plurality of velocity vectors ($v_1 - v_m$);
- f) selecting, as the motion vector (MV), one of the plurality of velocity vectors ($v_1 - v_m$) which has the associated noise tolerant estimated error value that is less than the noise tolerant estimated error value associated with any other one of the plurality of velocity vectors ($v_1 - v_m$).

12. A method according to claim 11 further comprising the step of associating the motion vector (MV) with the motion block of pixel values in a manner that allows the motion vector (MV) to be used during motion compensated predictive encoding of the motion block of pixel values.

13. A method according to claim 12 further including the steps of:

- selecting one pixel value from the motion block of pixel values;
- generating a corrected trajectory for the selected pixel value and a corresponding pixel value in one of the plurality of successive video frames which is immediately adjacent in time to the one video frame, including the steps of:

- generating a plurality of modified motion vectors;
- selecting a further block of pixel values from the adjacent video frame which further motion block corresponds to the motion block as determined by one of the plurality of modified motion vectors;
- calculating a block of difference values, each value representing a respective difference between one of the pixel values in the motion block and the corresponding pixel value in the further block;
- assigning a first weighting factor to the difference value at the center of the difference block and assigning a second weighting value, less than the first weighting value, to the other difference values in the difference block;
- summing the difference values, as modified by their assigned weighting factors, to produce an error value for the modified motion vector; and
- selecting the modified motion vector having the error value which is less than any other error value as the corrected trajectory.

14. A method according to claim 13 further including the step of associating the corrected trajectory with the motion block of pixel values in a manner that allows the corrected trajectory to be used during motion compensated predictive encoding of the motion block of pixel values.

15. Apparatus according to claim 1, wherein the motion estimator means (20) comprises:

- a memory (15) for holding the plurality of successive video frames;
- means for defining a plurality of trial velocity vectors ($v_1 - v_m$);
- means (22) for obtaining respective blocks of pixel values from the memory (15), said blocks of pixel values corresponding to the motion block as indicated by a respective one of the one velocity vectors;
- means (24a-24z) for generating a plurality of trimmed square error values representing respective average errors among a subset of the obtained blocks and the motion block for the respective plurality of velocity vectors and for associating each trimmed square error value with its respective one velocity vector;
- means (28) for selecting, as the motion vector (MV), one of the plurality of velocity vectors ($v_1 - v_m$) which has an associated trimmed square error value that is less than the trimmed square error value associated with any other one of the plurality of velocity vectors ($v_1 - v_m$).

16. A method according to claim 10, wherein the step of determining a difference in position of respective components of the motion block between each pair of the plurality of video frames relative to respective positions indicated by

the approximate motion vector (MV), to produce a revised trajectory (CMV) for the motion block across the plurality of video frames includes the steps of:

- 5 defining a plurality of correction vectors $((\delta_{SL})_1 - (\delta_{SL})_m)$ relative to the motion vector (MV);
- selecting one pixel value from the motion block of pixel values;
- calculating a plurality of error values representing respective differences along the plurality of correction vectors $((\delta_{SL})_1 - (\delta_{SL})_m)$ between the selected pixel value and a plurality of pixel values along the respective plurality of correction vectors from the frame which is next in sequence to the frame containing the motion block, in the plurality of sequential image frames; and
- 10 selecting the correction vector (CMV) which has the error value that is smaller than any other error value as the corrected trajectory for the motion block.

17. A method according to claim 16, wherein the step of calculating a plurality of error values includes the steps of:

- 15 a) selecting one of said plurality of correction vectors $((\delta_{SL})_1 - (\delta_{SL})_m)$;
- b) locating a further block of pixel values in the next frame which corresponds to the motion block of pixels along the selected correction vector;
- c) calculating a block of difference values, each value representing a respective difference between one of the pixel values in the motion block and the corresponding pixel value in the further block;
- 20 d) assigning a first weighting factor to the difference value at the center of the difference block and assigning a second weighting value, less than the first weighting value, to the other difference values in the difference block;
- e) summing the difference values, as modified by their assigned weighting factors, to produce an error value for the modified motion vector; and
- 25 f) repeating steps a) through e) for each of said plurality of correction vectors $((\delta_{SL})_1 - (\delta_{SL})_m)$.

18. Apparatus according to claim 1 in which the trajectory correction means comprises:

- 30 a memory (15) for holding the plurality of sequential image frames;
- means for defining a plurality of correction vectors $((\delta_{SL})_1 - (\delta_{SL})_m)$ relative to the motion vector (MV);
- means (304a-304z) for calculating a plurality of error values representing respective differences along the plurality of correction vectors between a selected pixel value in the motion block of pixel values and a plurality of pixel values along the respective plurality of correction vectors $((\delta_{SL})_1 - (\delta_{SL})_m)$ from the frame which is next in sequence, in the plurality of sequential image frames, to the frame containing the motion block; and
- 35 means (306) for selecting the correction vector having the smallest error value as the corrected trajectory for the motion block.

Patentansprüche

- 40 1. Vorrichtung zum Verringern von Rauschen in einem Videosignal, welches eine Mehrzahl von $2L+1$ Video-Vollbildern bzw. Video-Rahmen (frames) umfaßt, wobei L eine ganze Zahl größer als 0 ist und die Vorrichtung aufweist:
 - eine Bewegungsschätzvorrichtung (20) zum Identifizieren bzw. Bestimmen eines Bewegungsblocks in einem der Mehrzahl der Video-Vollbilder und zum Bestimmen eines einzelnen Näherungs-Bewegungsvektors (MV) für den Bewegungsblock über alle der Mehrzahl der Video-Vollbilder bzw. Video-Rahmen, wobei der Bewegungsvektor (MV) eine angenäherte Trajektorie des Bewegungsblocks über die Mehrzahl der Video-Vollbilder anzeigt;
 - 45 eine Trajektorie-Korrekturvorrang (30) zum Aufnehmen bzw. Empfangen des Näherungs-Bewegungsvektors (MV) von der Bewegungsschätzvorrichtung (20) und zum Bestimmen einer überarbeiteten bzw. nachgeprüften (revised) Trajektorie (CMV) für den Bewegungsblock über die Mehrzahl der Video-Vollbilder durch Bestimmen der Differenz der Position bzw. Lage der jeweiligen Bestandteile des Bewegungsblocks zwischen jedem Paar der Mehrzahl der Video-Vollbilder relativ bzw. im Bezug auf die jeweiligen Positionen, welche durch den angenäherten Bewegungsvektor (MV) angezeigt bzw. dargestellt werden; und.
 - 50 eine Bild-Mittelwert- bzw. Durchschnittswert-Bildungsvorrang (50) zum Erhalten einer Mehrzahl der Bestandteile bzw. Komponenten des Bewegungsblocks über die bzw. entlang der überarbeiteten bzw. nachgeprüften Trajektorie (CMV) und zum Berechnen eines einzelnen gemittelten Bestandteils bzw. Komponente aus der Mehrzahl der Bestandteile bzw. Komponenten.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, weiter aufweisend eine Unterbrechungs- bzw. Störungs-Detektivvorrichtung (60) zum Ersetzen von einem der Bestandteile bzw. Komponenten des Bewegungsblocks durch den gemittelten Bestandteil, wenn ein Verhältnis, welches definiert ist durch a) die arithmetische Differenz zwischen der einen Komponente bzw. Bestandteil und der gemittelten Komponente bzw. Bestandteil und b) den Medianwert bzw. Mittelwert der arithmetischen Differenzen zwischen jedem Bestandteil des einen Video-Vollbilds und dessen entsprechenden gemittelten Bestandteil bzw. Komponente, geringer ist als ein Grenzwert.

5 3. Vorrichtung nach Anspruch 2, weiter aufweisend:

10 eine Vorrichtung zum Verarbeiten von Bild-Pixel-Werten in dem einen Video-Vollbild, um ein räumliches Frequenzspektrum für das Video-Vollbild zu bestimmen; und
eine Vorrichtung zum Verringern des vorgegebenen Grenzwerts in Reaktion auf die Erhöhung der Pegel bzw. Niveaus der relativ hohen räumlichen Frequenzbestandteile in dem räumlichen Frequenzspektrum des Video-Vollbildes.

15 4. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Bewegungsschätzvorrichtung (20) umfaßt:

20 eine Vorrichtung zum Erzeugen eines jeweils rausch-toleranten bzw. -unempfindlichen Schätzfehlerwerts für jeden einer Mehrzahl von Versuchs- bzw. Test-Geschwindigkeitvektoren; und
eine Vorrichtung zum Auswählen, als den angenäherten bzw. NäherungsBewegungsvektor (MV), eines der Mehrzahl der Versuchs-Geschwindigkeitsvektoren, welcher einen geschätzten Fehlerwert aufweist, welcher geringer ist als der geschätzte Fehlerwert von irgendeinem anderen aus der Mehrzahl der Versuchs-Geschwindigkeitsvektoren.

25 5. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Trajektorienkorrekturvorr

30 ichtung (30) umfaßt:
eine Vorrichtung zum Modifizieren bzw. Verändern des Näherungs-bewegungsvektors (MV) mit einer bzw. durch eine Mehrzahl von Versuchs- bzw. Test-Verschiebungen bzw. -Versetzungen, um eine jeweilige Mehrzahl von modifizierten bzw. veränderten Bewegungsvektoren zu erzeugen;
eine Vorrichtung zum Erzeugen einer Mehrzahl von Fehlerwerten für einen Bestandteil bzw. eine Komponente des Bewegungsblocks, wobei die Mehrzahl der Fehlerwerte jeweils der Mehrzahl der Versuchs-Verschiebungen entspricht;

35 eine Vorrichtung zum Auswählen von einer der Mehrzahl von Versuchs-Verschiebungen als die überarbeitete bzw. revidierte Trajektorie, welche den entsprechenden Fehlerwert aufweist, welcher geringer ist als irgendein anderer aus der Mehrzahl der Fehlerwerte.

6. Vorrichtung nach Anspruch 5, wobei:

40 der Bewegungsblock eine Matrix von Bild-Pixel-Werten ist und der eine Bestandteil bzw. Komponente einer der Bild-Pixel-Werte ist, welche in bzw. bei dem Mittelpunkt bzw. Zentrum der Matrix angeordnet sind; und
die Vorrichtung zum Erzeugen der Mehrzahl von Fehlerwerten umfaßt:
eine Vorrichtung zum Auswählen einer weiteren Matrix von Pixel-Werten aus einem anderen der Mehrzahl der Vollbilder, welches von dem einen Vollbild verschieden ist, das den Bewegungsblock enthält bzw. umfaßt, wobei die weitere Matrix dem Bewegungsblock entspricht, welcher auf das andere Vollbild entlang einem der Mehrzahl der modifizierten bzw. veränderten Bewegungsvektoren projiziert bzw. abgebildet wurde;
eine Vorrichtung zum Erzeugen einer Matrix von Differenzwerten, wobei jeder Wert eine jeweilige Differenz zwischen einem der Pixelwerte in der Matrix und dem korrespondierenden bzw. entsprechenden Pixelwert in der weiteren Matrix darstellt;

45 50 eine Vorrichtung zum Zuordnen bzw. Zuweisen eines ersten Gewichtungsfaktors zu bzw. für den Differenzwert bei dem Mittelpunkt bzw. Zentrum der Differenzmatrix und zum Zuweisen eines zweiten Gewichtungsfaktors, welcher geringer bzw. kleiner ist als der erste Gewichtungsfaktor, zu den anderen Differenzwerten in der Differenzmatrix; und
eine Vorrichtung zum Summieren der Differenzwerte, wie sie durch deren zugeordnete Gewichtungsfaktoren modifiziert bzw. verändert wurden, um einen Fehlerwert für die weitere Matrix der Pixelwerte zu erzeugen; und
die Bild-Mittelwertbildungs-bzw. Durchschnittswertbildungs-Vorrichtung (50) umfaßt eine Vorrichtung zum Berechnen eines Mittelwerts bzw. Durchschnitts von Pixelwerten entlang der überarbeiteten bzw. revidierten Trajektorie mit dem einen Pixelwert, um einen durchschnittlichen Pixelwert zu erzeugen.

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, wobei die Bild-Mittelwertsbildungs-Vorrichtung eine Ausreißer-Zurückweisungs-Vorrichtung (outlier rejection) umfaßt zum Zurückweisen bzw. Unterdrücken von Pixelwerten entlang der überarbeiteten bzw. revidierten Trajektorie aus bzw. von dem berechneten durchschnittlichen Pixelwert, welche Fehlerwerte aufweisen, welche um mehr als einen vorgegebenen Grenzwert von einem erwarteten Fehler zwischen Pixelwerten entlang der überarbeiteten bzw. revidierten Trajektorie abweichen bzw. differieren.

5 8. Vorrichtung nach Anspruch 7, weiter aufweisend:

10 eine Vorrichtung zum Verarbeiten von Bild-Pixel-Werten in dem einen Video-Vollbild bzw. Video-Rahmen, um ein räumliches Frequenzspektrum für das Video-Vollbild zu bestimmen; und eine Vorrichtung zum Verringern des vorgegebenen Grenzwerts in Reaktion auf das Erhöhen der Pegel bzw. Niveaus der relativ hohen räumlichen Frequenzbestandteile bzw. Frequenzkomponenten in dem räumlichen Frequenzspektrum des Video-Vollbildes.

15 9. Vorrichtung nach Anspruch 8, wobei die Bild-Mittelwertbildungsvorrichtung (50) eine Vorrichtung zum Berechnen des erwarteten Fehlerwerts als den Durchschnitt von N ausgewählten Fehlerwerten umfaßt entsprechend den Pixeln bzw. Bildelementen entlang der überarbeiteten bzw. revidierten Trajektorie, wobei es eine Gesamtanzahl von M-Pixelwerten entlang der Trajektorie gibt, wobei M und N ganze Zahlen sind und M größer als N ist, und wobei jeder der N-Fehlerwerte geringer ist als irgendeiner der Fehlerwerte, welche nicht ausgewählt werden.

20 10. Verfahren zum Verringern von Rauschen in einem Videosignal, welches eine Mehrzahl von $2L+1$ Video-Rahmen bzw. Video-Vollbilder enthält bzw. umfaßt, wobei L eine ganze Zahl größer als 0 ist und das Verfahren die Schritte umfaßt:

25 Identifizieren bzw. Bestimmen eines Bewegungsblocks mit einer Mehrzahl von Komponententeilen bzw. Bestandteilen in einem der Mehrzahl der Video-Vollbilder; Bestimmen eines einzelnen Näherungsbewegungsvektors (MV) für den Bewegungsblock über alle der Mehrzahl der Video-Vollbilder bzw. Video-Rahmen, wobei der Bewegungsvektor (MV) eine Näherungstrajektorie des Bewegungsblocks über bzw. entlang der Mehrzahl der Video-Vollbilder anzeigt; 30 Bestimmen der Differenz der Position der jeweiligen Bestandteile des Bewegungsblocks zwischen jedem Paar der Mehrzahl der Video-Vollbilder relativ bzw. im Verhältnis zu den jeweiligen Positionen, welche durch den Näherungsbewegungsvektor (MV) angezeigt werden, um eine überarbeitete bzw. revidierte Trajektorie (CMV) für den Bewegungsblock über bzw. entlang der Mehrzahl der Video-Vollbilder zu erzeugen; und 35 Mitteln bzw. Bilden eines Durchschnittswerts einer Mehrzahl der Bestandteile des Bewegungsblocks entlang der revidierten Trajektorie (CMV), um eine einzelne gemittelte Komponente bzw. einem Bestandteil aus der Mehrzahl der Komponenten zu erzeugen.

40 11. Verfahren nach Anspruch 10, wobei der Schritt des Bestimmens eines einzelnen Näherungsbewegungsvektors (MV) für den Bewegungsblock über bzw. entlang aller der Mehrzahl der Video-Vollbilder die Schritte umfaßt:

a) Definieren bzw. Festlegen einer Mehrzahl von Versuchs-Geschwindigkeitsvektoren ($v_1 - v_m$);
 b) Auswählen eines Geschwindigkeitsvektors aus der Mehrzahl der Geschwindigkeitsvektoren ($v_1 - v_m$);
 c) Erhalten von jeweiligen Blöcken von Pixel- bzw. Bildelementwerten entsprechend dem Bewegungsblock, wie angezeigt bzw. dargestellt durch den ausgewählten Geschwindigkeitsvektor;
 d) Erzeugen eines rausch-toleranten bzw. bzgl. Rauschen unempfindlichen geschätzten Fehlerwerts, welcher einen Mittelwert eines bzw. durchschnittlichen Fehler unter einer Teilmenge bzw. Untergruppe der erhaltenen Blöcke und des Bewegungsblocks darstellt und Assoziieren bzw. Zuordnen des rausch-toleranten geschätzten Fehlerwerts mit bzw. zu dem ausgewählten Geschwindigkeitsvektor;
 e) Wiederholen der Schritte b) bis d), bis ein rausch-toleranter geschätzter Fehlerwert einem jeden der Mehrzahl der Geschwindigkeitsvektoren ($v_1 - v_m$) zugeordnet wurde; und
 f) Auswählen von einem aus der Mehrzahl der Geschwindigkeitsvektoren ($v_1 - v_m$) als den Bewegungsvektor (MV), welcher den zugeordneten rausch-toleranten geschätzten Fehlerwert aufweist, welcher geringer ist als der rausch-tolerante geschätzte Fehlerwert, welcher irgendeinem anderen der Mehrzahl der Geschwindigkeitsvektoren ($v_1 - v_m$) zugeordnet wurde.

55 12. Verfahren nach Anspruch 11, weiter aufweisend den Schritt der Zuordnung des Bewegungsvektors (MV) zu dem Bewegungsblock von Pixelwerten auf eine Art, welche es dem Bewegungsvektor (MV) ermöglicht, während einer bewegungskompensierten voraussagenden (prediktiven) Kodierung des Bewegungsblocks der Pixelwerte ver-

wendet zu werden.

13. Verfahren nach Anspruch 12, weiter aufweisend die Schritte:

5 Auswählen eines Pixelwertes aus dem Bewegungsblock der Pixelwerte;
Erzeugen einer korrigierten Trajektorie für den ausgewählten Pixelwert und eines entsprechenden Pixelwerts
in einem der Mehrzahl der aufeinanderfolgenden Video-Vollbilder welches unmittelbar zeitlich benachbart bzw.
angrenzend ist zu dem einen Video-Vollbild, umfassend die Schritte:
Erzeugen einer Mehrzahl von modifizierten bzw. veränderten Bewegungsvektoren;

10 Auswählen eines weiteren Blocks von Pixelwerten aus dem angrenzenden bzw. benachbarten Video-Vollbild,
wobei der weitere Bewegungsblock dem Bewegungsblock entspricht, wie bestimmt bzw. festgelegt durch ei-
nen der Mehrzahl der modifizierten bzw. veränderten Bewegungsvektoren;
Berechnen eines Blocks von Differenzwerten, wobei jeder Wert eine jeweilige Differenz zwischen einem der
Pixelwerte in dem Bewegungsblock und dem entsprechenden Pixelwert in dem weiteren Block darstellt;

15 Zuordnen bzw. Zuweisen eines ersten Gewichtungsfaktors zu dem Differenzwert bei dem Zentrum bzw. Mit-
telpunkt des Differenzblocks und Zuweisen eines zweiten Gewichtungswertes, welcher geringer bzw. kleiner
ist als der erste Gewichtungswert, zu den anderen Differenzwerten in dem Differenzblock;
Summieren der Differenzwerte, wie durch deren zugeordnete bzw. zugewiesene Gewichtungsfaktoren modi-
fiziert bzw. verändert, um einen Fehlerwert für den modifizierten bzw. veränderten Bewegungsvektor zu er-
zeugen; und

20 Auswählen des modifizierten bzw. veränderten Bewegungsvektors mit dem Fehlerwert, welcher geringer bzw.
kleiner ist als irgendein anderer Fehlerwert, als die korrigierte Trajektorie.

14. Verfahren nach Anspruch 13, weiter aufweisend den Schritt der Zuordnung bzw. des Zuweisens der korrigierten
25 Trajektorie zu dem Bewegungsblock von Pixelwerten auf eine Art, welche es der korrigierten Trajektorie erlaubt,
verwendet zu werden, während einer bewegungskompensierten voraussagenden (prediktiven) Kodierung des Be-
wegungsblocks der Pixelwerte.

15. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Bewegungsschätzvorrichtung (20) aufweist:

30 einen Speicher (15) zum Halten bzw. Speichern der Mehrzahl der aufeinanderfolgenden Video-Vollbilder bzw.
Video-Rahmen;
eine Vorrichtung zum Definieren bzw. Festlegen einer Mehrzahl von Versuchs-Geschwindigkeitsvektoren (v1
- vm);
35 eine Vorrichtung (22) zum Erhalten von jeweiligen Blöcken von Pixelwerten aus dem Speicher (15), wobei die
Blöcke der Pixelwerte dem Bewegungsblock entsprechen, wie durch einen jeweiligen der einen Geschwin-
digkeitsvektoren angezeigt;
eine Vorrichtung (24a-24z) zum Erzeugen einer Mehrzahl von abgeglichenen bzw. verringerten (trimmed)
40 quadratischen bzw. Quadrat-Fehlerwerten, welche jeweils Durchschnittsfehler unter einer Teilmenge bzw. Un-
tergruppe der erhaltenen Blöcke und des Bewegungsblocks für die jeweilige Mehrzahl der Geschwindigkeits-
vektoren darstellen und zum Zuweisen bzw. Zuordnen von jedem abgeglichenen bzw. verringerten (trimmed)
quadratischen Fehlerwert mit bzw. zu dem jeweiligen einen Geschwindigkeitsvektor;
eine Vorrichtung (28) zum Auswählen von einem aus der Mehrzahl der Geschwindigkeitsvektoren (v1 - vm)
45 als den Bewegungsvektor (MV), welcher einen zugeordneten bzw. zugewiesenen abgeglichenen (trimmed)
quadratischen Fehlerwert aufweist, welcher geringer ist als der abgeglichene quadratische Fehlerwert, wel-
cher irgendeinem anderen der Mehrzahl der Geschwindigkeitsvektoren (v1 - vm) zugewiesen bzw. zugeordnet
ist.

16. Verfahren nach Anspruch 10, wobei der Schritt des Bestimmens einer Differenz in der Lage bzw. Position von den
50 jeweiligen Bestandteilen bzw. Komponenten des Bewegungsblocks zwischen jedem Paar der Mehrzahl der Video-
Vollbilder bzw. Video-Rahmen relativ bzw. im Verhältnis zu den jeweiligen Positionen, welche durch den Nähe-
rungsbewegungsvektor (MV) dargestellt sind, um eine überarbeitete bzw. revidierte Trajektorie (CMV) für den
Bewegungsblock über die Mehrzahl der Video-Vollbilder zu erzeugen, die Schritte aufweist:

55 Definieren bzw. Festlegen einer Mehrzahl von Korrekturvektoren ($(\delta_{SL})_1 - (\delta_{SL})_m$) relativ bzw. im Verhältnis zu
dem Bewegungsvektor (MV);
Auswählen von einem Pixelwert aus dem Bewegungsblock der Pixelwerte;
Berechnen einer Mehrzahl von Fehlerwerten, welche die jeweiligen Differenzen entlang bzw. über die Mehr-

zahl der Korrekturvektoren $((\delta_{SL})_1 - (\delta_{SL})_m)$ darstellen zwischen dem ausgewählten Pixelwert und einer Mehrzahl von Pixelwerten entlang bzw. über die jeweilige Mehrzahl von Korrekturvektoren von dem Vollbild bzw. Rahmen, welcher in der Abfolge bzw. Sequenz am nächsten bei dem Vollbild ist, welches den Bewegungsblock enthält, in der Mehrzahl der aufeinanderfolgenden bzw. sequentiellen Bild-Rahmen bzw. Vollbilder; und

5 Auswählen des Korrekturvektors (CMV), welcher denjenigen Fehlerwert aufweist, welcher kleiner ist als irgendein anderer Fehlerwert, als die korrigierte Trajektorie für den Bewegungsblock.

17. Verfahren nach Anspruch 16, wobei der Schritt des Berechnens einer Mehrzahl von Fehlerwerten die Schritte umfaßt:

10 a) Auswählen von einem aus der Mehrzahl der Korrekturvektoren $((\delta_{SL})_1 - (\delta_{SL})_m)$;

b) Anordnen bzw. Lokalisieren eines weiteren Blocks von Pixelwerten in dem nächsten Vollbild bzw. Rahmen, welcher dem Bewegungsblock von Pixeln entlang bzw. über den ausgewählten Korrekturvektor entspricht;

15 c) Berechnen eines Blocks von Differenzwerten, wobei jeder Wert eine jeweilige Differenz zwischen einem der Pixelwerte in dem Bewegungsblock und dem entsprechenden Pixelwert in dem weiteren Block darstellt;

d) Zuweisen bzw. Zuordnen eines ersten Gewichtungsfaktors zu dem Differenzwert bei dem Zentrum bzw. Mittelpunkt des Differenzblocks und Zuweisen eines zweiten Gewichtungsfaktors, welcher geringer bzw. kleiner ist als der erste Gewichtungsfaktor, zu den anderen Differenzwerten in dem Differenzblock;

20 e) Summieren der Differenzwerte, wie von deren zugeordneten Gewichtungsfaktoren modifiziert bzw. verändert, um einen Fehlerwert für den modifizierten bzw. veränderten Bewegungsvektor zu erzeugen; und

f) Wiederholen der Schritte a) bis e) für jeden der Mehrzahl der Korrekturvektoren $((\delta_{SL})_1 - (\delta_{SL})_m)$.

18. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Trajektorie-Korrekturvorrichtung umfaßt:

25 einen Speicher (15) zum Halten bzw. Speichern der Mehrzahl der sequentiellen bzw. aufeinanderfolgenden Bildrahmen bzw. Vollbilder;

eine Vorrichtung zum Definieren bzw. Festlegen einer Mehrzahl von Korrekturvektoren $((\delta_{SL})_1 - (\delta_{SL})_m)$ relativ bzw. in Bezug zu dem Bewegungsvektor (MV);

30 eine Vorrichtung (304a-304Z) zum Berechnen einer Mehrzahl von Fehlerwerten, welche jeweils Differenzen entlang bzw. über die Mehrzahl der Korrekturvektoren darstellen, zwischen einem ausgewählten Pixelwert in dem Bewegungsblock von Pixelwerten und einer Mehrzahl von Pixelwerten entlang bzw. über die jeweilige Mehrzahl der Korrekturvektoren $((\delta_{SL})_1 - (\delta_{SL})_m)$ aus bzw. von dem Rahmen bzw. Vollbild, welches in der Abfolge bzw. Sequenz am nächsten ist, in der Mehrzahl der sequentiellen bzw. aufeinanderfolgenden Bildrahmen bzw. Vollbilder, zu dem Rahmen bzw. Vollbild, welcher den Bewegungsblock enthält; und

35 eine Vorrichtung (306) zum Auswählen des Korrekturvektors mit dem kleinsten Fehlerwert als die korrigierte Trajektorie für den Bewegungsblock.

Revendications

40 1. Dispositif pour réduire du bruit dans un signal vidéo qui inclut une pluralité de $L+1$ images vidéo, dans lequel L est un nombre entier supérieur à zéro, le dispositif comprenant :

45 un moyen d'estimateur de mouvement (20) pour identifier un bloc de mouvement dans une de ladite pluralité des images vidéo et pour déterminer un seul vecteur de mouvement approché (MV) pour le bloc de mouvement sur la totalité de la pluralité des images vidéo, dans lequel le vecteur du mouvement (MV) indique une trajectoire approchée du bloc de mouvement sur la totalité de la pluralité des images vidéo ;

50 un moyen de correction de trajectoire (30) pour recevoir le vecteur de mouvement approché (MV) à partir du moyen d'estimateur de mouvement (20) et pour déterminer une trajectoire corrigée (CMV) pour le bloc du mouvement sur la totalité de la pluralité des images vidéo en déterminant une différence de position des composantes respectives du bloc du mouvement entre chaque paire de la pluralité des images vidéo par rapport à des positions respectives indiquées par le vecteur de mouvement approché (MV) ; et

55 un moyen de mise en moyenne d'images (50) pour obtenir une pluralité de composantes du bloc du mouvement le long de la trajectoire corrigée (CMV) et pour calculer une seule composante mise en moyenne à partir de la pluralité des composantes.

2. Dispositif selon la revendication 1, comprenant de plus un moyen de détection de défaillance (60) pour remplacer une des composantes du bloc du mouvement par la composante mise en moyenne si un rapport défini par a) une

différence arithmétique entre la composante et la composante mise en moyenne et b) la valeur médiane des différences arithmétiques entre chaque composante d'une image vidéo et sa composante mise en moyenne correspondante, est inférieure à une valeur de seuil.

5 3. Dispositif selon la revendication 2, incluant en outre :

un moyen pour traiter les valeurs des pixels d'image dans une image vidéo afin de déterminer un spectre des flasques spatiales pour l'image vidéo ;
 10 un moyen pour diminuer la valeur de seuil prédéterminée en réponse à des niveaux croissants des composantes des fréquences spatiales relativement élevées dans le spectre des fréquences spatiales de l'image vidéo.

15 4. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le moyen d'estimation de mouvement (20) inclut :

un moyen pour générer une valeur d'erreur d'estimation tolérante au bruit respectif pour chacun d'une pluralité de vecteurs de vitesse d'essai ; et
 20 un moyen pour sélectionner, comme le vecteur de mouvement approché (MV), un de ladite pluralité des vecteurs de vitesse d'essai qui a une valeur d'erreur estimée qui est inférieure à la valeur d'erreur estimée de l'un quelconque des autres vecteurs de la pluralité des vecteurs de vitesse d'essai.

25 5. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lesquel le moyen de correction de trajectoire (30) inclut :

un moyen pour modifier le vecteur de mouvement approché (MV) avec une pluralité de déplacements d'essai pour produire une pluralité respective de vecteurs de mouvement modifiés ;
 30 un moyen pour générer une pluralité de valeurs d'erreur pour une composante du bloc de mouvement, la pluralité des valeurs d'erreur correspondant, respectivement à la pluralité des déplacements d'essai ;
 un moyen pour sélectionner, comme la trajectoire corrigée, un de la pluralité des déplacements d'essai qui a la valeur d'erreur correspondante qui est inférieure à l'une quelconque des autres valeurs de la pluralité des valeurs d'erreur.

35 6. Dispositif selon la revendication 5, dans lequel :

le bloc de mouvement est une matrice de valeurs de pixels d'image et la première composante est une des valeurs de pixels d'image placée au centre de la matrice ; et
 le moyen pour générer une pluralité de valeurs d'erreur inclut :
 40 un moyen pour sélectionner une autre matrice de valeurs de pixels à partir d'une autre image de la pluralité des images qui est différente de l'image qui inclut le bloc du mouvement, laquelle autre matrice correspond au bloc du mouvement projeté sur l'autre image le long d'une pluralité de vecteurs de mouvement modifiés ;
 un moyen pour générer une matrice de valeurs de différences, chaque valeur représentant une différence respective entre une valeur des valeurs de pixels dans la matrice et la valeur du pixel correspondant dans l'autre matrice ;
 45 un moyen pour affecter un premier facteur de pondération à une valeur de différence au centre de la matrice de différences et pour affecter un second facteur de pondération, inférieur au premier facteur de pondération, aux autres valeurs de différences dans la matrice des différences ; et
 un moyen pour sommer les valeurs de différences comme modifiées par leur facteur de pondération affectée pour produire une valeur d'erreur pour l'autre matrice des valeurs de pixels ; et
 50 le moyen de mise en moyenne d'images (50) inclut un moyen pour calculer une moyenne des valeurs de pixels le long de la trajectoire corrigée avec la première valeur du pixel pour produire une valeur de pixel mise en moyenne.

55 7. Dispositif selon la revendication 6, dans lequel le moyen de mise en moyenne d'images inclut une moyen de réjection de valeur hors norme pour rejeter, à partir de la valeur de pixel mise en moyenne calculée, les valeurs de pixel le long de la trajectoire corrigée qui ont des valeurs d'erreur qui diffèrent, sur plus qu'une valeur de seuil prédéterminée, à partir d'une erreur attendue entre les valeurs de pixels le long de la trajectoire corrigée.

8. Dispositif selon la revendication 7, incluant de plus :

un moyen pour traiter les valeurs de pixels d'images dans l'image vidéo afin de déterminer un spectre des fréquences spatiales pour l'image vidéo ;
 un moyen pour diminuer la valeur du seuil prédéterminée en réponse aux niveaux croissants des composantes des fréquences spatiales relativement élevées dans le spectre des fréquences spatiales de l'image vidéo.

5 9. Dispositif selon la revendication 8, dans lequel le moyen de mise en moyenne d'images (50) inclut un moyen pour calculer la valeur d'erreur attendue comme la moyenne des N valeurs d'erreurs sélectionnées correspondant aux pixels le long de la trajectoire corrigée, dans lequel on a un total de M valeurs de pixels le long de la trajectoire, M et N étant des nombres entiers et M étant plus grand que N et dans lequel chacune des N valeurs d'erreurs est inférieure à l'une quelconque des valeurs d'erreurs qui n'ont pas été sélectionnées.

10 10. Procédé de réduction du bruit dans un signal vidéo qui inclut une pluralité de $2L+1$ images vidéo, où L est un nombre entier supérieur à zéro, le procédé comprenant les étapes consistant à :

15 identifier un bloc de mouvement comportant une pluralité de parties constitutives, dans une image de ladite pluralité des images vidéo ;
 déterminer un seul vecteur de mouvement approché (MV) pour le bloc de mouvement sur la totalité de la pluralité des images vidéo, dans lequel le vecteur de mouvement (MV) indique une trajectoire approchée du bloc du mouvement sur la totalité de la pluralité des images vidéo ;
 20 déterminer une différence de position des composantes respectives du bloc du mouvement entre chaque paire de la pluralité des images vidéo par rapport aux positions respectives indiquées par le vecteur de mouvement approché (MV), pour produire une trajectoire corrigée (CMV) pour le bloc de mouvement sur la totalité des images vidéo ; et
 25 mettre en moyenne une pluralité des composantes du bloc de mouvement le long de la trajectoire corrigée (CMV) pour produire une seule composante mise en moyenne à partir de la pluralité des composantes.

30 11. Procédé selon la revendication 10, dans lequel l'étape consistant à déterminer un seul vecteur de mouvement approché (MV) pour le bloc de mouvement sur la totalité de la pluralité des images vidéo inclut les étapes consistant à :

35 a) définir une pluralité de vecteurs de vitesse d'essai (v1 à vm) ;
 b) sélectionner un vecteur de vitesse parmi la pluralité de vecteurs de vitesse (v1 - vm) ;
 c) obtenir des blocs respectifs de valeurs de pixels, correspondant au bloc du mouvement comme indiqué par le vecteur de vitesse sélectionné ;
 d) générer une valeur d'erreur estimée tolérante au bruit représentant une erreur moyenne parmi un sous-ensemble de blocs obtenus et du bloc de mouvement et associer la valeur d'erreur estimée tolérante au bruit au vecteur de vitesse sélectionné ;
 40 e) répéter les étapes b) à d) jusqu'à ce qu'une valeur d'erreur estimée tolérante au bruit ait été associée à chacun de la pluralité des vecteurs de vitesse (v1 à vm) ;
 f) sélectionner, comme le vecteur de mouvement (MV), un de la pluralité des vecteurs de vitesse (v1 à vm) qui a la valeur d'erreur estimée tolérante au bruit associée qui est inférieure à la valeur d'erreur estimée tolérante au bruit de l'un quelconque des autres vecteurs de la pluralité des vecteurs de vitesse (v1 à vm).

45 12. Procédé selon la revendication 11, comprenant de plus l'étape consistant à associer le vecteur de mouvement (MV) au bloc du mouvement des valeurs de pixels d'une manière qui permet au vecteur de mouvement (MV) d'être utilisé pendant le codage prédictif à mouvement compensé du bloc de mouvement des valeurs de pixels.

50 13. Procédé selon la revendication 12 incluant en outre les étapes consistant à :

55 sélectionner une valeur de pixel à partir du bloc de mouvement des valeurs de pixels ;
 générer une trajectoire corrigée pour la valeur du pixel sélectionnée et pour une valeur de pixel correspondant dans une de la pluralité des images vidéo successives qui est immédiatement adjacente dans le temps à la première image vidéo, incluant les étapes consistant à :
 générer une pluralité de vecteurs de mouvement modifiés ;
 sélectionner un autre bloc de valeurs de pixels à partir de l'image vidéo adjacente, lequel autre bloc de mouvement correspond à un bloc de mouvement comme déterminé par un des vecteurs de mouvement modifiés ;
 calculer un bloc de valeurs de différences, chaque valeur représentant une différence de valeurs respective entre une des valeurs de pixel dans le bloc de mouvement et la valeur du pixel correspondant dans l'autre bloc ;

5 affecter un premier facteur de pondération à la valeur de différences au centre du bloc de différences et affecter une seconde valeur de pondération, inférieure à la première valeur de pondération, aux autres valeurs de différences dans le bloc de différences ;

10 sommer les valeurs de différences, comme modifiées par leurs facteurs de pondération affectés, pour produire une valeur d'erreur pour le vecteur de mouvement modifié ; et

15 sélectionner les vecteurs de mouvement modifiés présentant la valeur d'erreur qui est inférieure à l'une quelconque des autres valeurs d'erreur comme la trajectoire corrigée.

14. Procédé selon la revendication 13 incluant de plus l'étape consistant à associer la trajectoire corrigée au bloc de mouvement des valeurs de pixels d'un manière telle qu'elle autorise la trajectoire corrigée à être utilisée pendant le codage prédictif à mouvement compensé du bloc de mouvement des valeurs de pixels.

15. Dispositif selon la revendication 1, dans lequel le moyen d'estimateur de mouvement (20) comprend :

15 une mémoire (15) pour conserver la pluralité des images vidéo successives ;

un moyen pour définir une pluralité de vecteurs de vitesse d'essai (v1 à vm) ;

20 un moyen (22) pour obtenir des blocs respectifs des valeurs de pixels à partir de la mémoire (15), lesdits blocs de valeur de pixels correspondant au bloc de mouvement comme indiqué par un vecteur respectif des vecteurs de vitesse ;

25 un moyen (24a à 24z) pour générer une pluralité de valeurs d'erreurs quadratiques ajustées représentant les erreurs moyennes respectives parmi un sous-ensemble de blocs obtenus et du bloc du mouvement pour la pluralité respective des vecteurs de vitesse et pour associer chaque valeur d'erreur quadratique ajustée à son vecteur de vitesse respectif ;

25 un moyen (28) pour sélectionner, comme le vecteur de mouvement (MV), un de la pluralité des vecteurs de vitesse (v1 à vm) qui a une valeur d'erreur quadratique ajustée associée qui est inférieure à la valeur d'erreur quadratique ajustée associée de l'un quelconque des autres vecteurs de la pluralité des vecteurs de vitesse (v1 à cm).

30 16. Procédé selon la revendication 10, dans lequel l'étape consistant à déterminer une différence de position des composantes du bloc de mouvement entre chaque paire de la pluralité des images vidéo par rapport aux positions respectives indiquées par le vecteur de mouvement approché (MV) pour produire un trajectoire corrigée (CMV) pour le bloc de mouvement sur la totalité de la pluralité des images vidéo inclut les étapes consistant à :

35 définir une pluralité de vecteurs de correction $((\sigma S_L)_1 - (\sigma S_L)_m)$ par rapport au vecteur de mouvement (MV) ; sélectionner une valeur de pixel à partir du bloc de mouvement des valeurs de pixels ;

40 calculer une pluralité de valeurs d'erreurs représentant les différences respectives le long de la pluralité des vecteurs de correction $((\sigma S_L)_1 - (\sigma S_L)_m)$ entre la valeur du pixel sélectionné et une pluralité de valeurs de pixels le long de la pluralité respective des vecteurs de correction à partir de l'image qui est la suivante dans la séquence à l'image contenant le bloc de mouvement, dans la pluralité des images séquentielles ; et

45 sélectionner le vecteur de correction (CMV) qui a la valeur d'erreur qui est plus petite que toute autre valeur d'erreur comme la trajectoire corrigée pour le bloc de mouvement.

45 17. Procédé selon la revendication 16, dans lequel l'étape consistant à calculer une pluralité de valeurs d'erreurs inclut les étapes consistant à :

50 a) sélectionner un vecteur de ladite pluralité des vecteurs de correction $((\sigma S_L)_1 - (\sigma S_L)_m)$;

b) trouver un autre bloc de valeurs de pixels dans l'image suivante qui correspond au bloc de mouvement des pixels le long du vecteur de correction sélectionné ;

c) calculer un bloc de valeurs de différences, chaque valeur représentant une différence respective entre une des valeurs de pixels dans le bloc du mouvement et la valeur du pixel correspondant dans l'autre bloc ;

55 d) affecter un premier facteur de pondération à la valeur de différences au centre du bloc de différences et affecter une seconde valeur de pondération, inférieure à la première valeur de pondération, aux autres valeurs de différences dans le bloc de différences ;

e) sommer les valeurs de différences, comme modifiées par leurs facteurs de pondération affectés, pour produire une valeur d'erreur pour le vecteur de mouvement modifié ; et

f) répéter les étapes a) à e) pour chacun de ladite pluralité des vecteurs de correction $((\sigma S_L)_1 - (\sigma S_L)_m)$.

18. Dispositif selon la revendication 1, dans lequel le moyen de correction de trajectoire comprend :

EP 0 614 312 B1

une mémoire (15) pour conserver la pluralité des images séquentielles ;
un moyen pour définir une pluralité de vecteurs de correction $((\sigma S_L)_1 - ((\sigma S_L)_m)$ par rapport au vecteur de mouvement (MV) ;
5 un moyen (304a à 304z) pour calculer une pluralité de valeurs d'erreurs représentant des différences effectives le long de la pluralité des vecteurs de correction entre une valeur de pixel sélectionnée dans le bloc de mouvement des valeurs de pixels et une pluralité de valeurs de pixels le long de la pluralité respective des vecteurs de correction $((\sigma S_L)_1 - ((\sigma S_L)_m)$ à partir de l'image qui est la suivante dans la séquence, dans la pluralité des images séquentielles, à l'image contenant le bloc de mouvement ; et
10 un moyen (306) pour sélectionner le vecteur de correction présentant la valeur d'erreur la plus faible comme la trajectoire corrigée pour le bloc de mouvement.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

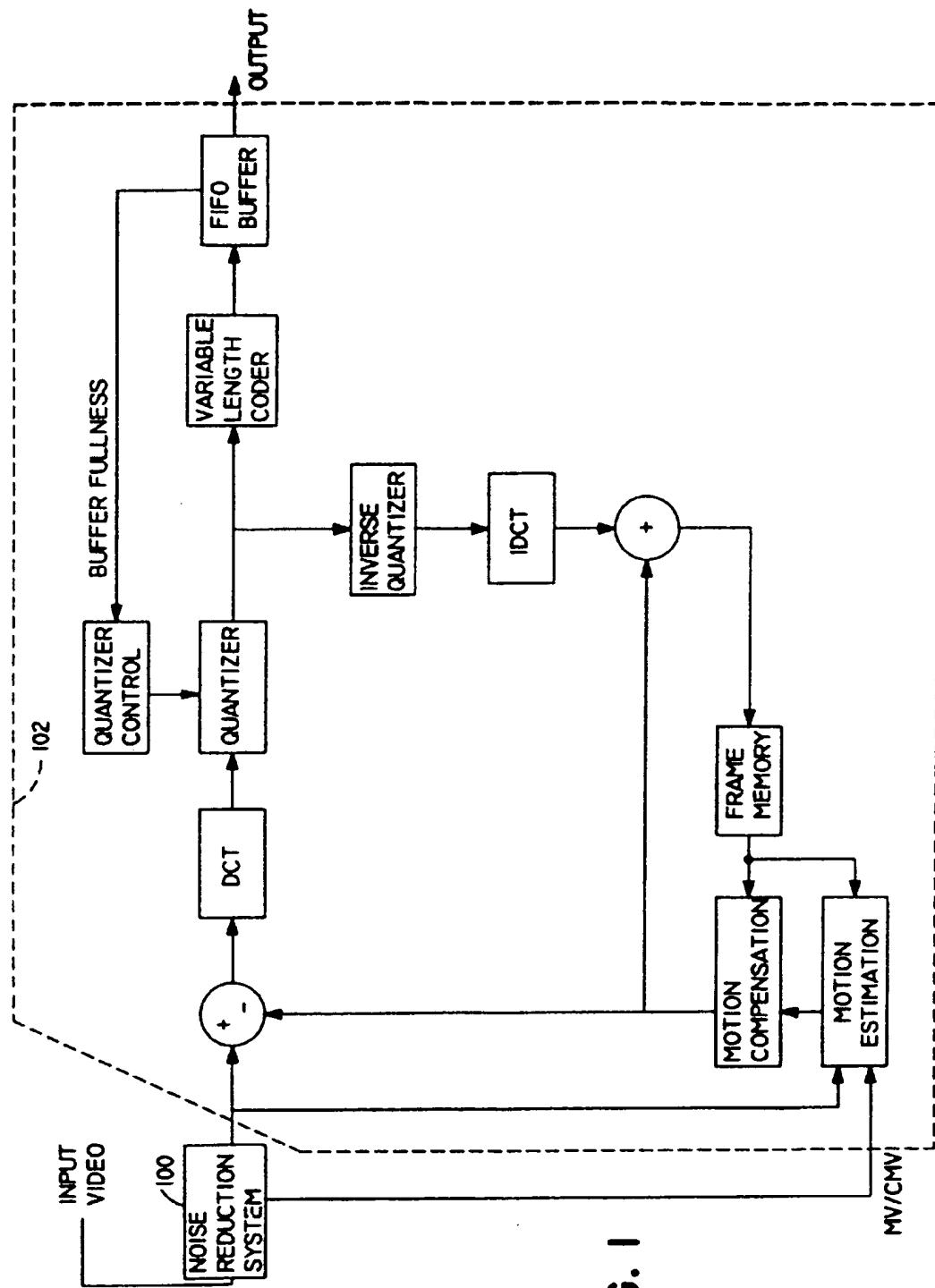


FIG. 1

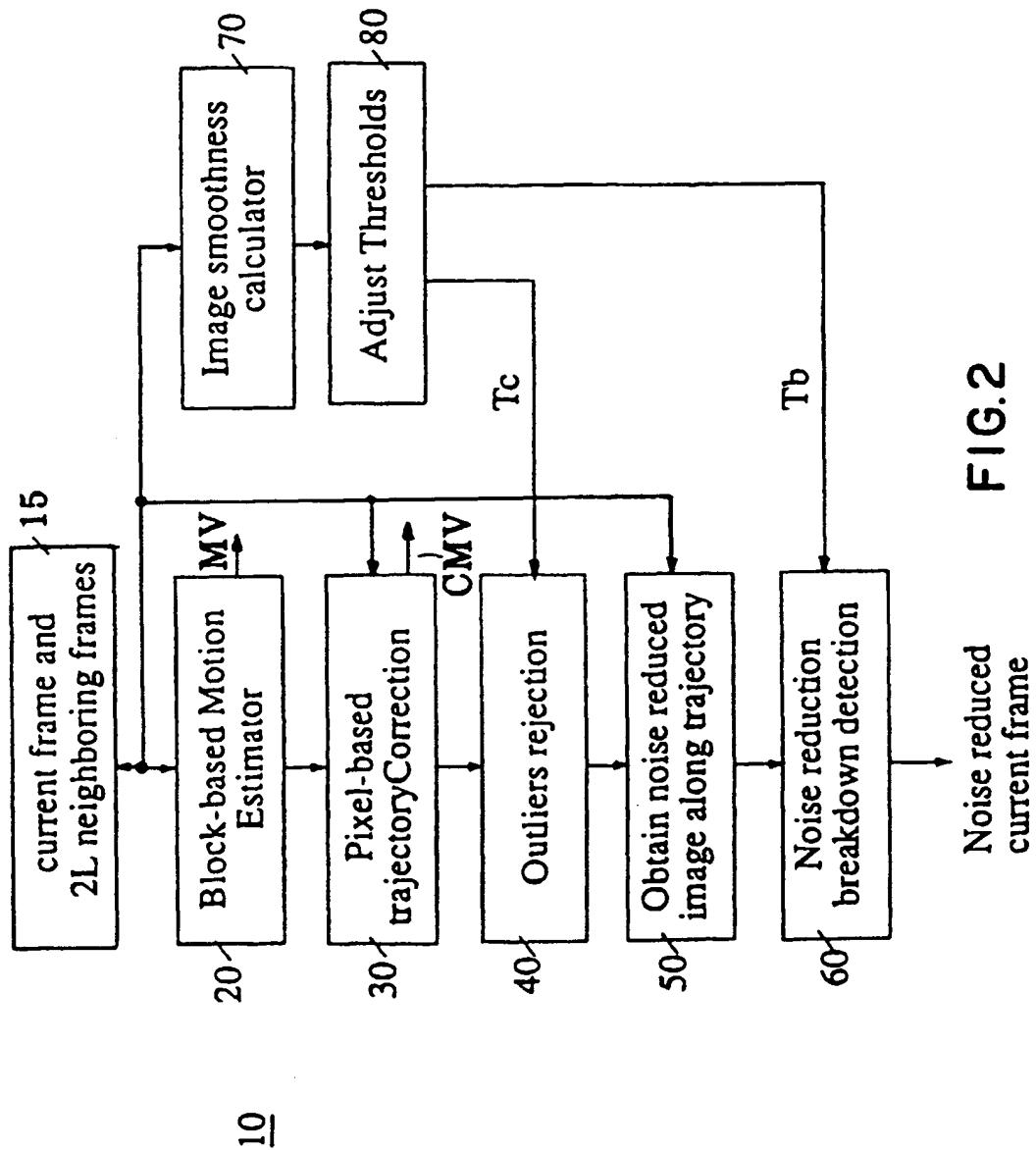


FIG. 2

Noise reduced
current frame

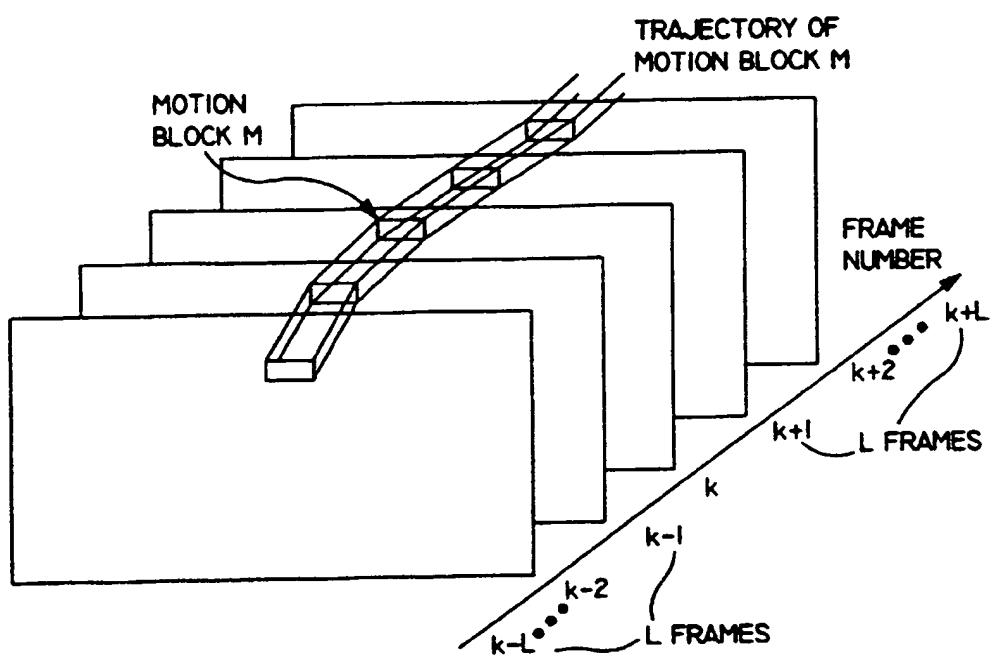
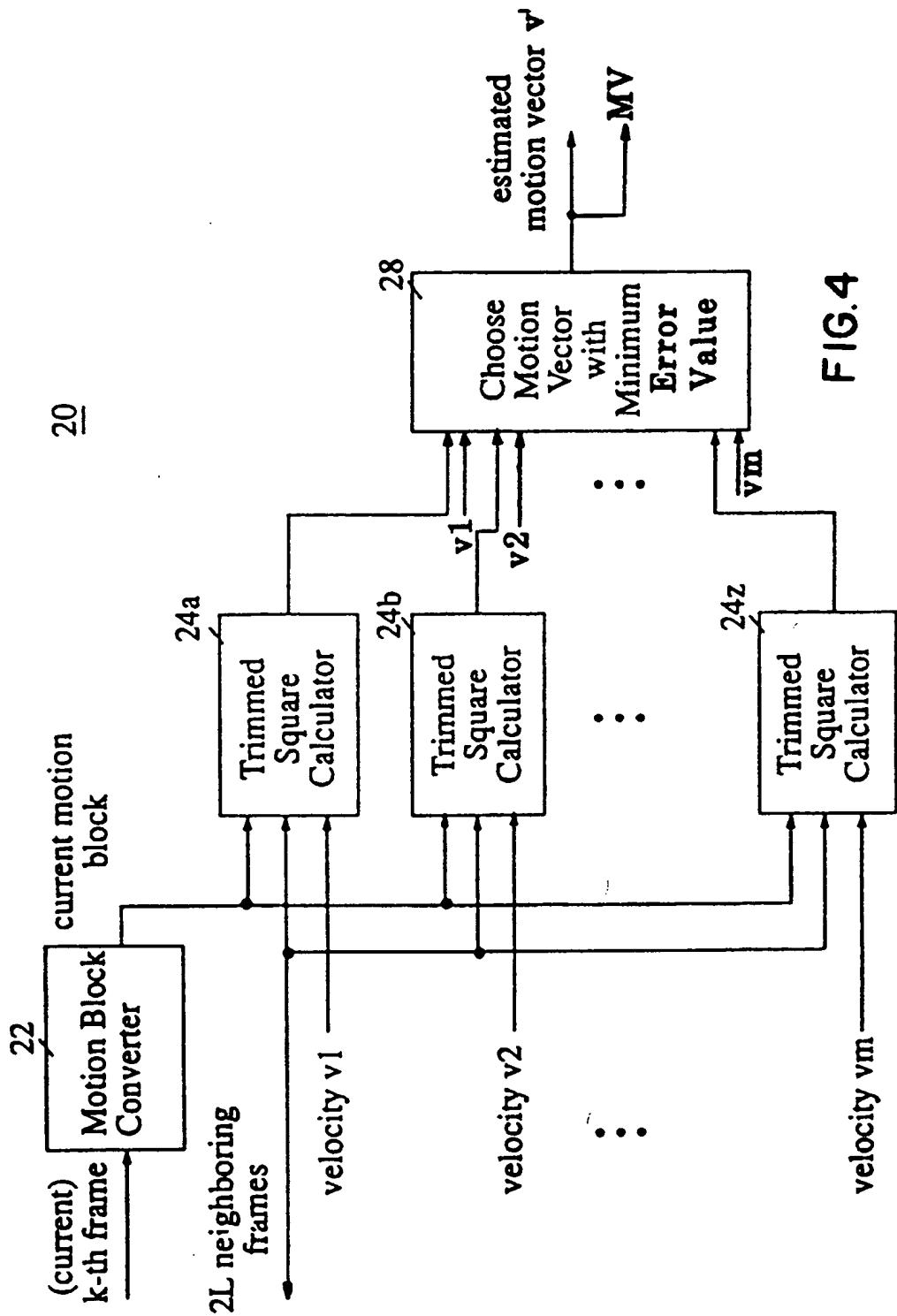
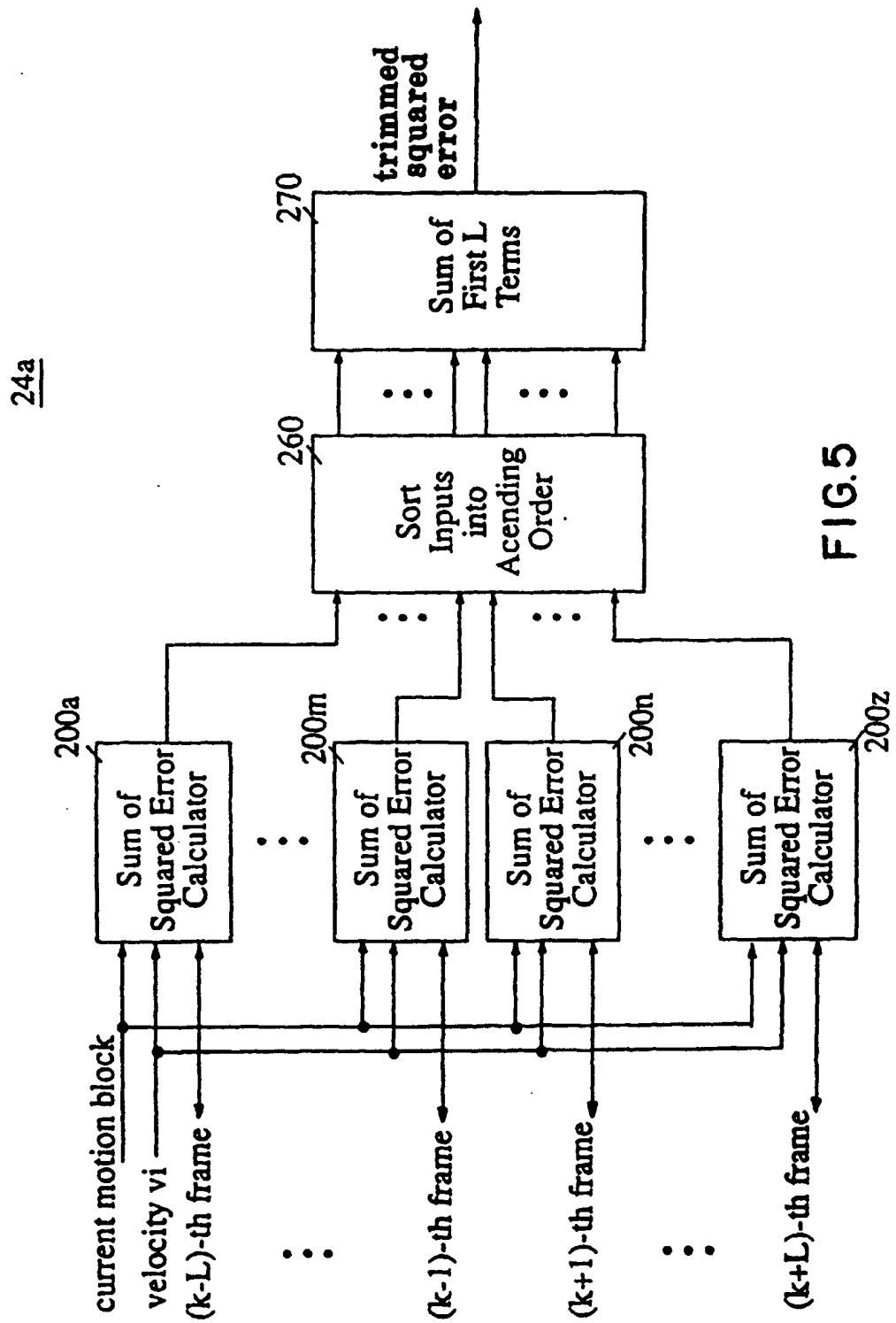


FIG. 3





200a

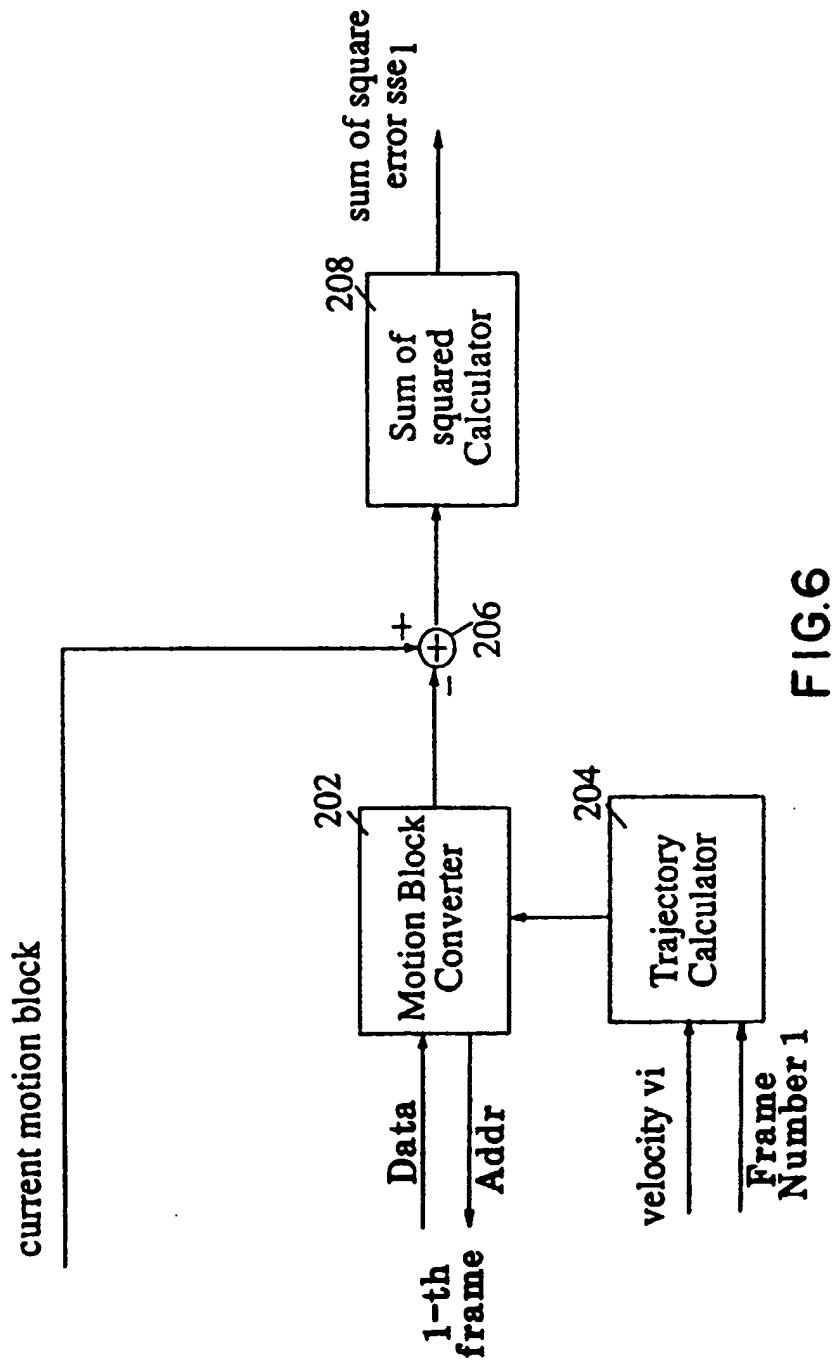


FIG.6

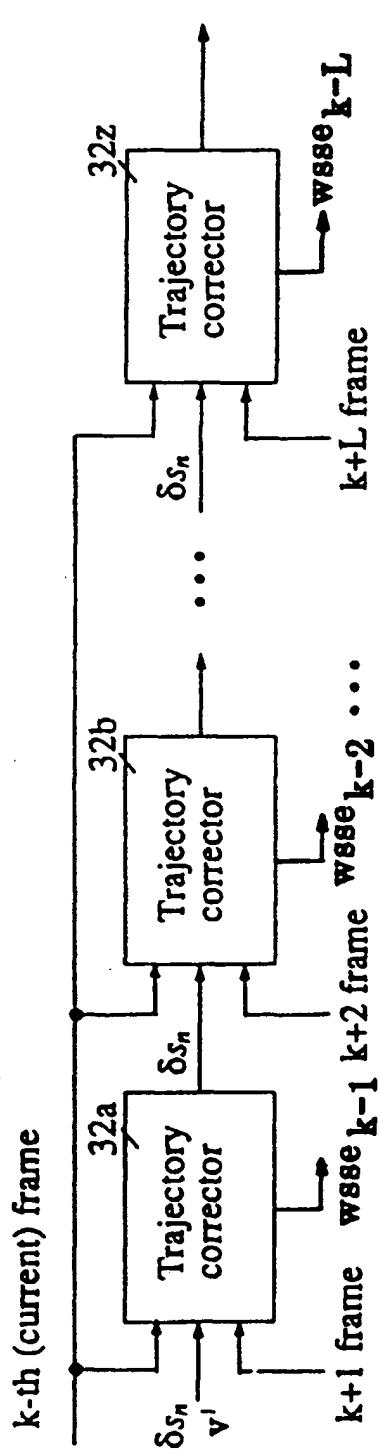


FIG. 7a

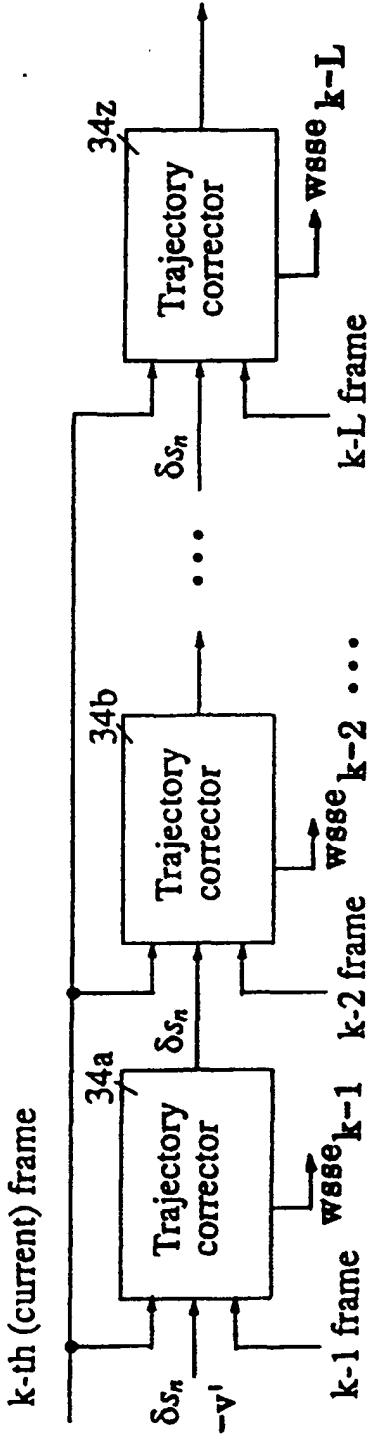


FIG. 7b

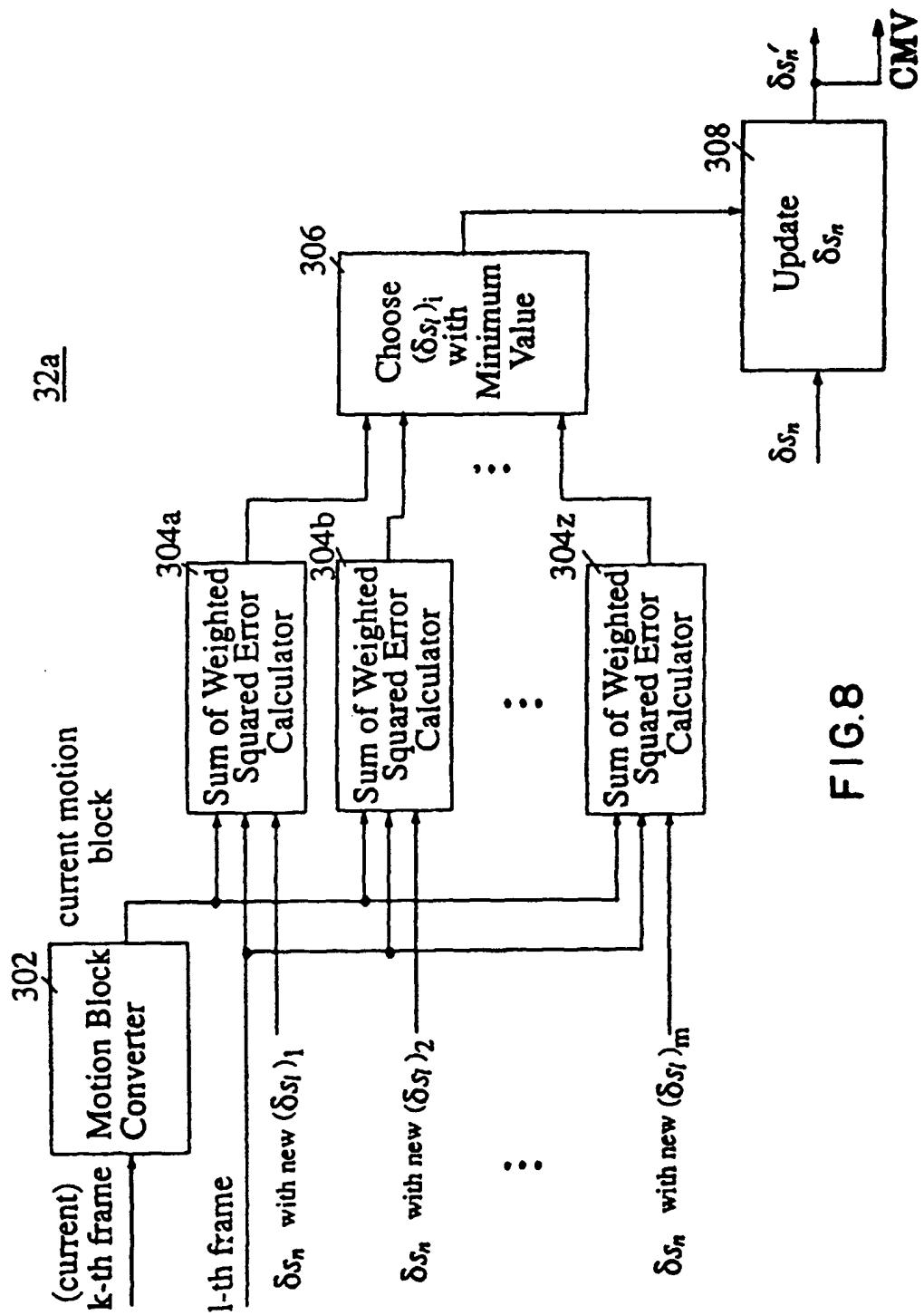


FIG.8

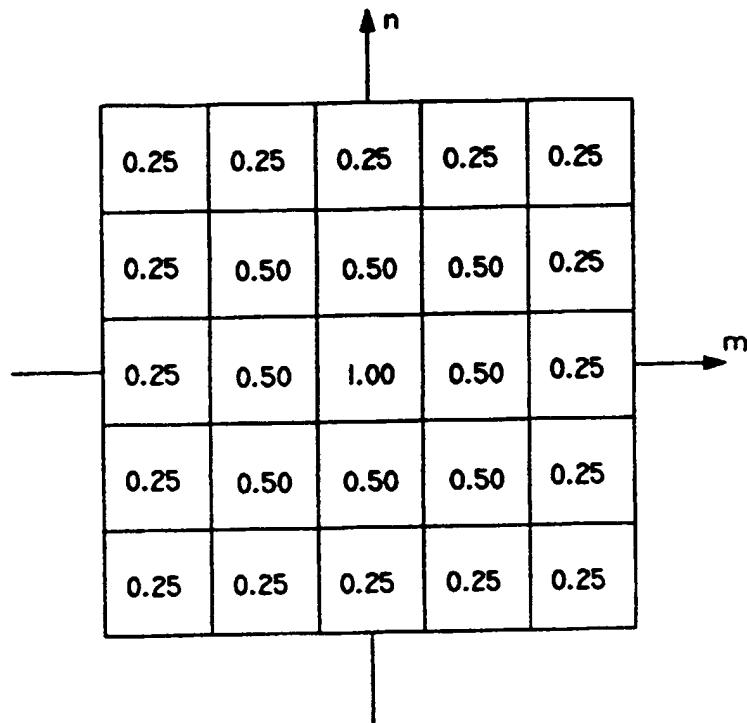


FIG. 9

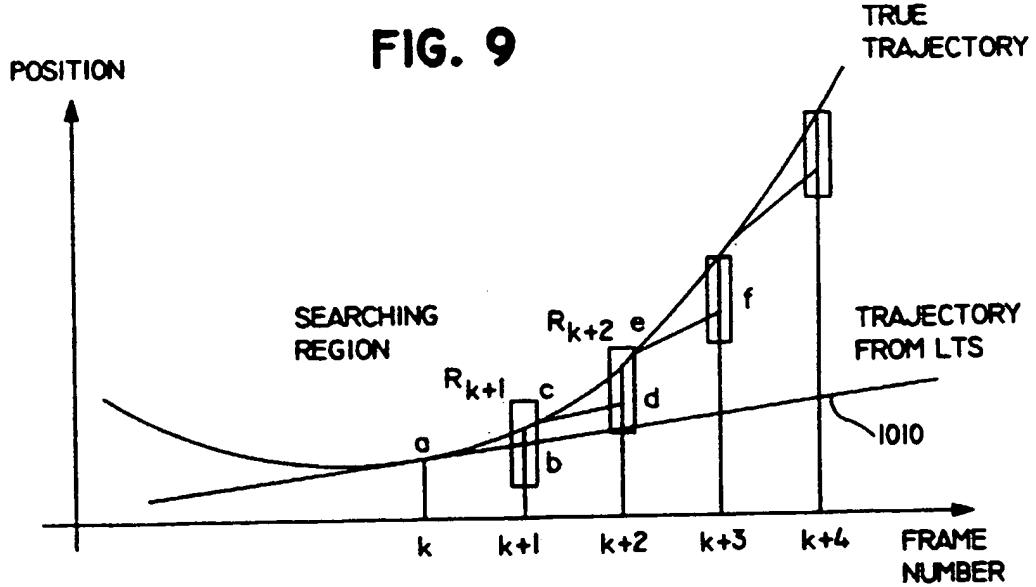


FIG. 10

304a

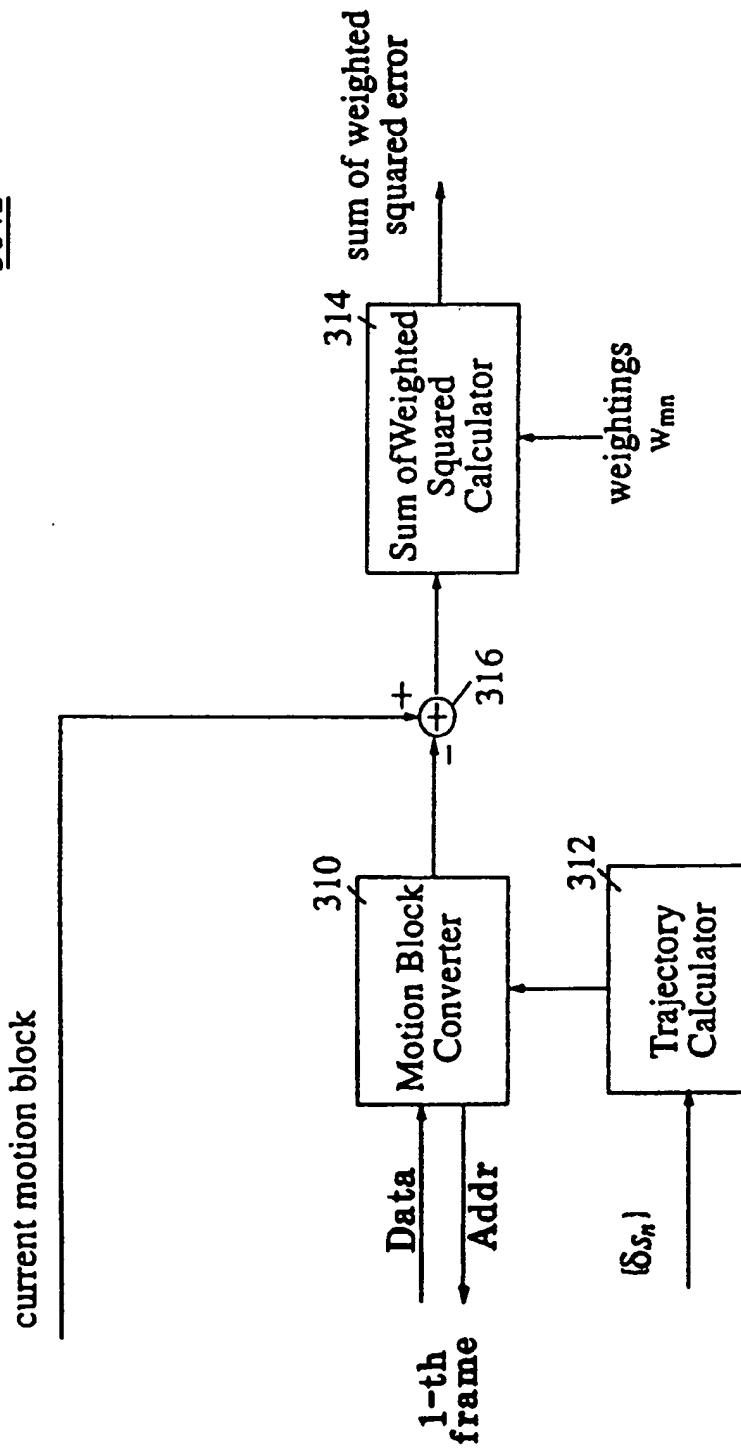


FIG. II

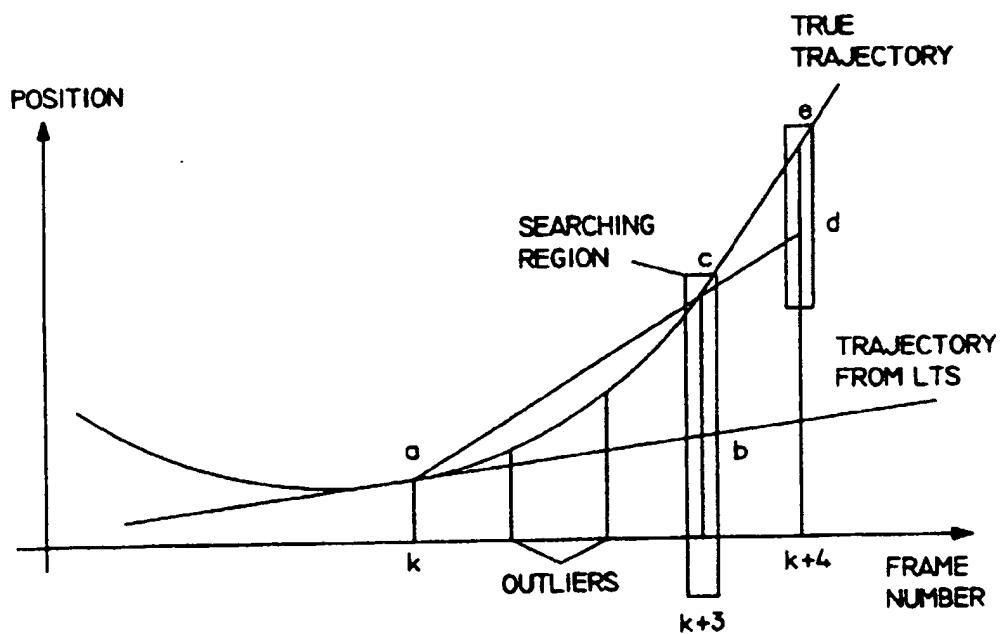


FIG. 12

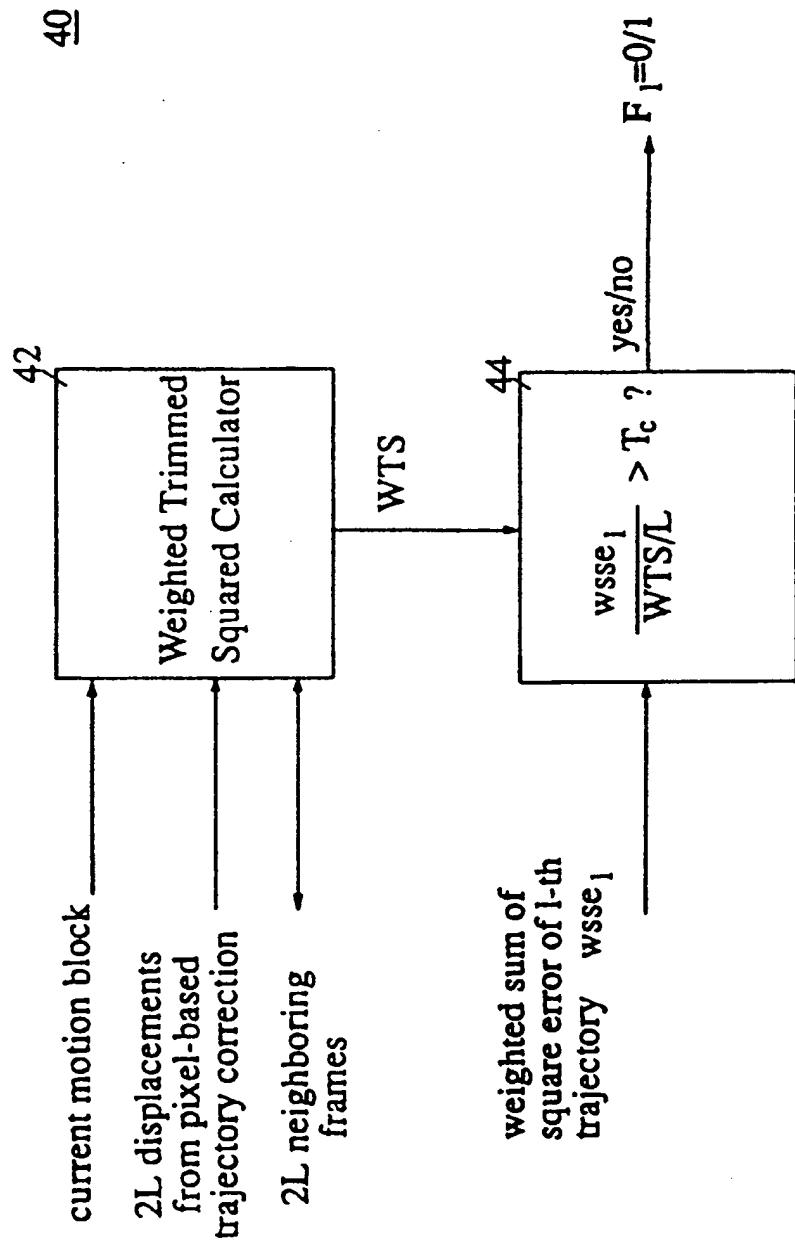


FIG.13

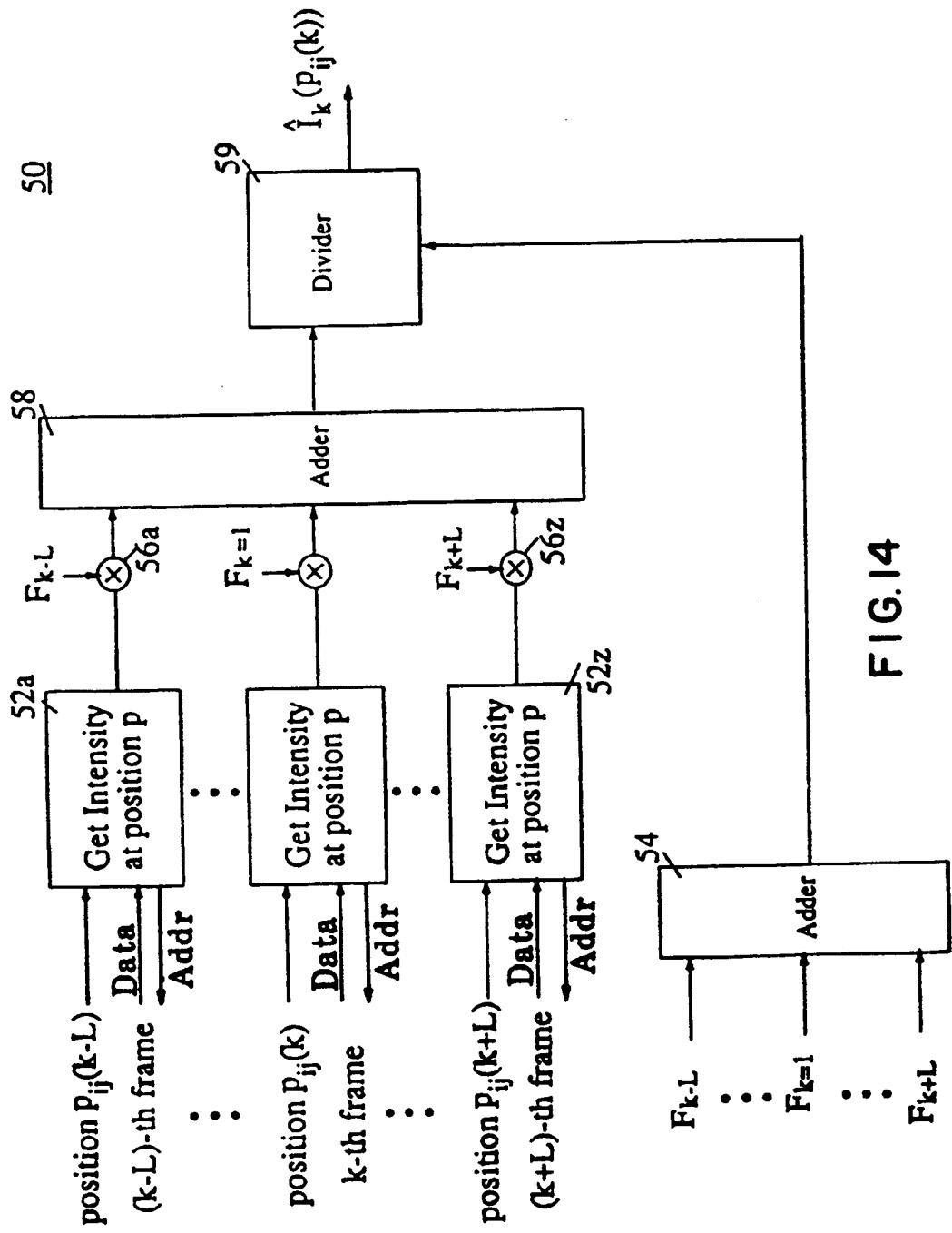
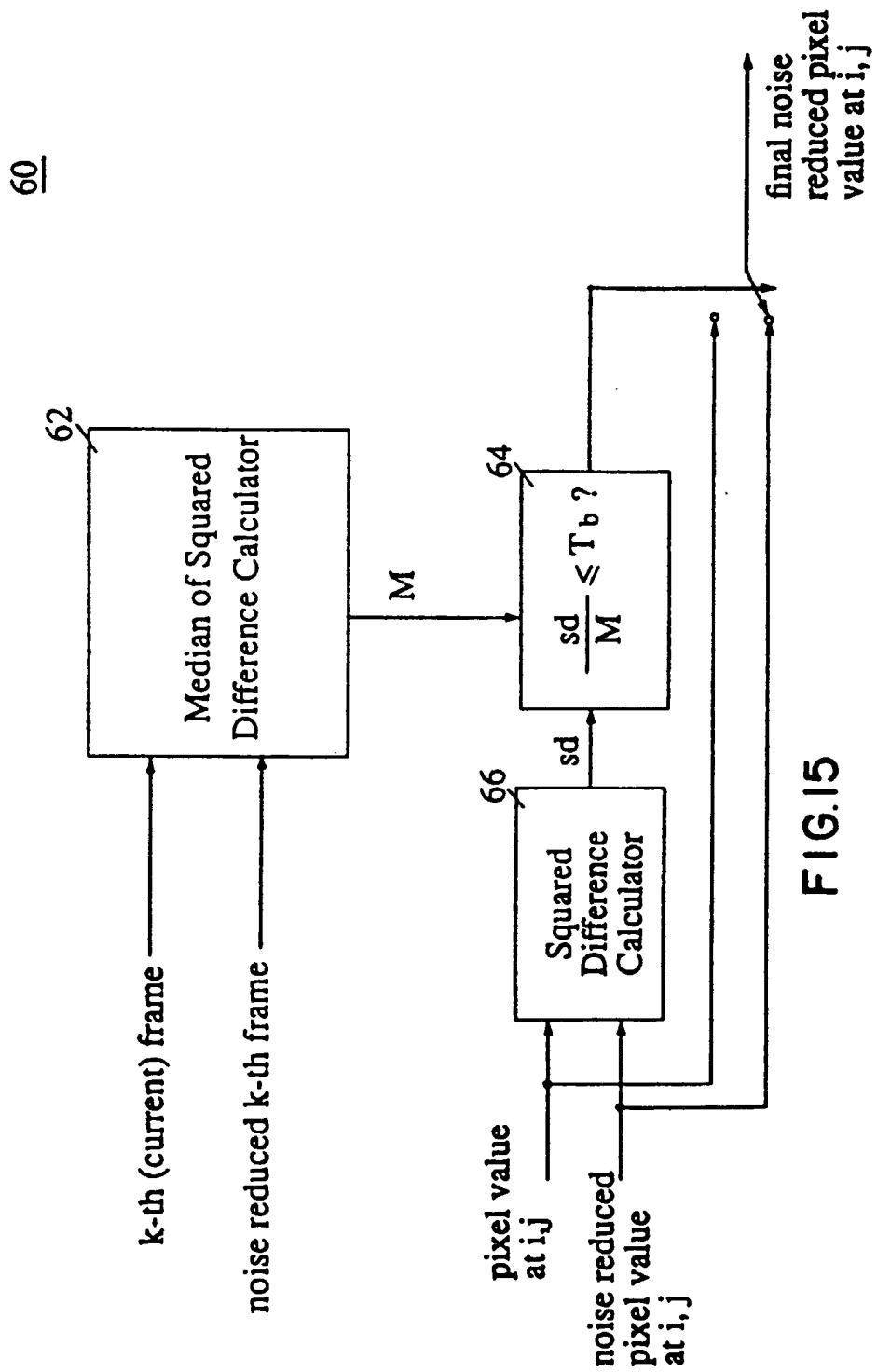


FIG. 14



66

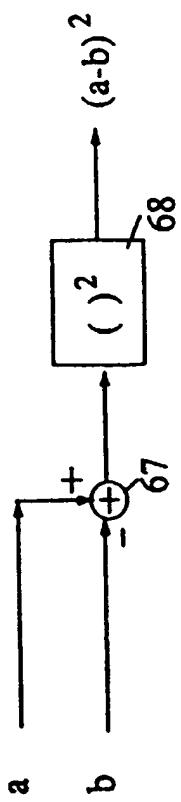


FIG. 16

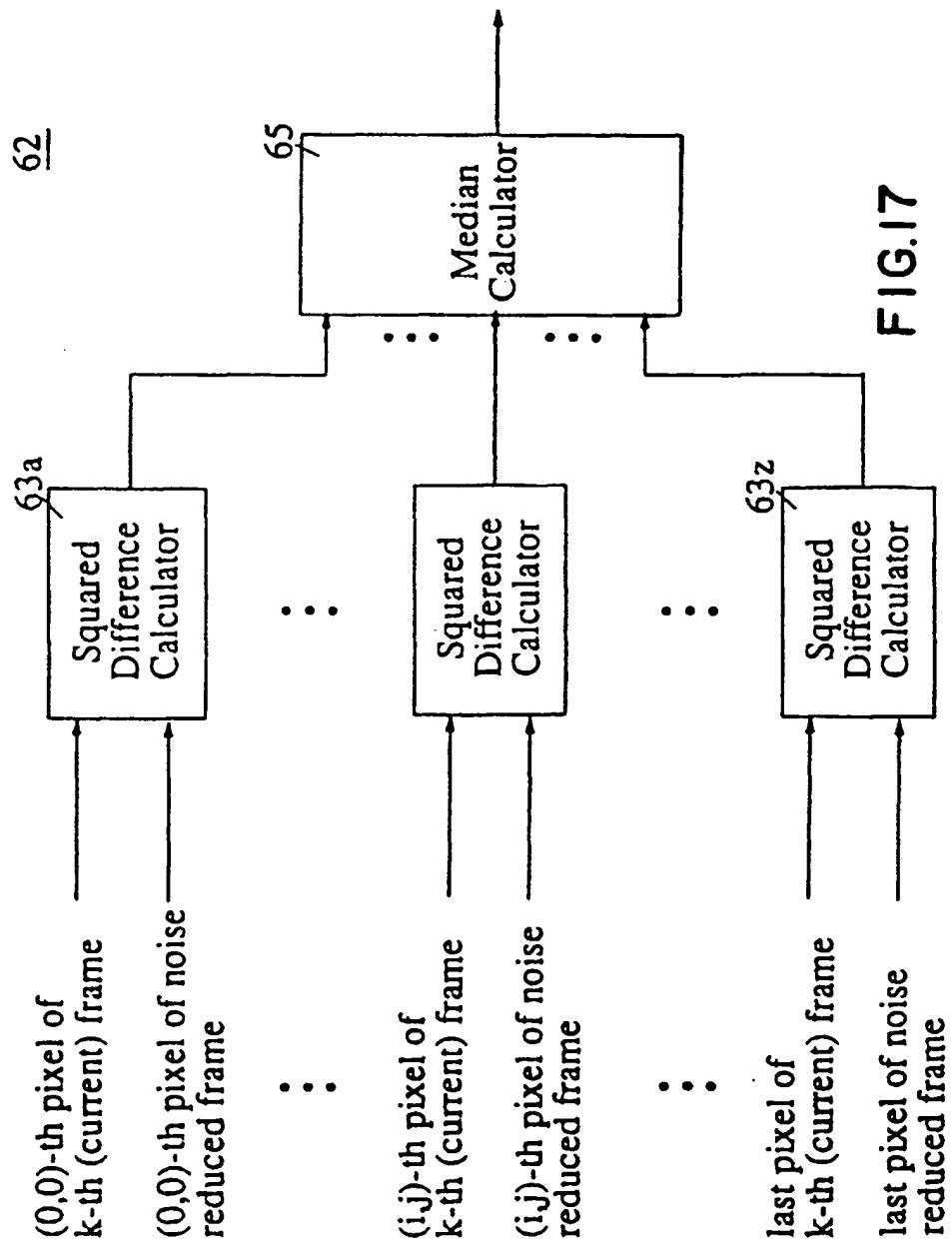


FIG.17